

Aus der Kinderklinik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. med. F. H. Dost

**Untersuchungen über
die Senkung der PQ-Strecke
des Elektrokardiogramms im Kindesalter**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Christoph Ohr
aus Breslau

Gießen 1968

1969



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545915_0052

Aus der Kinderklinik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. med. F. H. Dost

**Untersuchungen über
die Senkung der PQ-Strecke
des Elektrokardiogramms im Kindesalter**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Christoph Ohr
aus Breslau

Gießen 1968

Dekan: Prof. Dr. H. Rettig
Referent: Prof. Dr. H.W. Rautenburg
Correferent: Prof. Dr. H.G. Lasch

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juni 1969



INHALT

	Seite
I. <u>Einleitung und Fragestellung</u>	1
II. <u>Allgemeiner Teil (unausgelesenes EKG-Material)</u>	4
1. Untersuchungsmaterial	4
2. Methodik der Auswertung und Begriffsdefinition	7
3. Eigene Untersuchungen	10
a) Maschinelle Rechnungen	10
b) Auswertung der Meßergebnisse	11
c) Zusammengefaßtes Ergebnis der Auswertungen	35
4. Diskussion	36
III. <u>Spezieller Teil (rheumatische Karditis)</u>	40
1. Untersuchungsmaterial	40
2. Methodik	40
3. Eigene Untersuchungen	41
a) Maschinelle Rechnungen	41
b) Auswertung der Meßergebnisse	41
IV. <u>Schlußfolgerungen für die Elektrokardiogramm-Diagnostik der rheumatischen Karditis im Kindesalter</u>	48
V. <u>Zusammenfassung</u>	49
VI. <u>Literaturverzeichnis</u>	51

I. Einleitung und Fragestellung

Während sich die elektrokardiographische Literatur über Abweichungen der ST-Strecke von der isoelektrischen Linie kaum noch überblicken läßt, finden sich im Vergleich dazu Mitteilungen über das Verhalten des Niveaus der PQ-Strecke im Elektrokardiogramm nur sehr vereinzelt.

Schon zu Beginn der elektrokardiographischen Ära sind allgemeine Beobachtungen über den Verlauf der PQ-Strecke gemacht worden. So berichteten KRAUS und NICOLAI in ihrer Monographie über das Elektrokardiogramm aus dem Jahr 1910, daß "die PQ-Strecke normalerweise in der Isoelektrischen oder knapp unterhalb derselben" verläuft. Obwohl man bei der Durchsicht von Abbildungen elektrokardiographischer Kurven in der älteren Literatur auch auf Senkungen der PQ-Strecken stößt - z.B. bei EINTHOVEN - , fanden diese offenbar keine Beachtung.

Erst als nach Einführung des Belastungs-Elektrokardiogramms GOLDHAMMER und SCHERF im Jahre 1932 nach körperlicher Arbeit meist "eine Depression der PQ-Strecke" beobachten konnten, wurden derartige Veränderungen häufiger beschrieben. Im Gegensatz zu den meisten Autoren, die eine PQ-Senkung nach Arbeit immer als physiologisch ansahen, faßten SCHERF und GOLDHAMMER diese Erscheinung als "Verstärkung und Vertiefung der Nachschwankung von P" auf. Als Ursache nannten diese Autoren "den gleichen Prozess, der eine Verlagerung am ST-T-Abschnitt bewirkt, nämlich die Ischämie der Vorhofmuskulatur".

Schließlich wurde im Jahre 1937 von LAMBERT in zwei Arbeiten auf ausgeprägte Senkungen der PQ-Strecke als sicheres Zeichen - evtl. als Frühzeichen - der insuffizienten Koronardurchblutung hingewiesen.

In späterer Zeit sind spezielle Untersuchungen über Senkungen der PQ-Strecke nur von HAHN und LANGENDORF im Jahre 1939 gemacht worden. Diese Autoren fanden bei einem Elektrokardiogramm-Material von 500 Erwachsenen in 24 % Senkungen der PQ-Strecke in den Standardableitungen. Ein Teil davon - 4,6 % -

waren Patienten mit starker Belastung des rechten Herzens, die elektrokardiographisch ein P pulmonale (WINTERNITZ) aufwiesen. Für die restlichen 19,4 % (der 500 Erwachsenen), die eine Senkung der PQ-Strecke hatten, fehlten jedoch Angaben zur Diagnose. Die Autoren deuteten PQ-Senkungen bei Überlastung des rechten Vorhofs als Ausdruck der Hypertrophie der Vorhofmuskulatur.

Die Frage, inwieweit akut entzündliche Prozesse am Vorhofmyokard ähnliche Veränderungen der PQ-Strecken verursachen konnten, mußten die Autoren aus Mangel an entsprechendem Untersuchungsmaterial unbeantwortet lassen.

Im Jahre 1936 berichteten LANGENDORF und PICK über Senkungen der PQ-Strecke bei Lungenembolie, sowie LANGENDORF (1939) über einen klinisch beobachteten Fall von Infarkt des rechten Vorhofes, der durch Autopsie gesichert werden konnte. Entsprechende elektrokardiographische Befunde wurden von LAMBERT (1937) im Tierexperiment gesehen.

In neuerer Zeit teilte HOLZMANN Senkungen der PQ-Strecke bei Perikarditis im Vorhofbereich mit, wobei der Autor diesem Befund nur bei einer Herzfrequenz unter 100/min. eine Bedeutung zumaß. Starke Verlagerungen der PQ-Strecke - auch in Ruhe - sollen nach HOLZMANN an einen "organischen Schaden ischämischer Genese" denken lassen.

Über Zusammenhänge zwischen Auftreten von PQ-Senkungen im Elektrokardiogramm und der Herzfrequenz berichteten kürzlich GROSS sowie SCHLEGEL.

Klinisch diagnostische Bedeutung gewannen PQ-Senkungen durch Arbeiten von ZUCKERMANN. Dieser Autor machte 1962 auf das Auftreten von PQ-Senkungen bei Erstkarditis aufmerksam. Hierbei unterschied ZUCKERMANN eine "primäre Verlagerung" bei Perikarditis und bevorzugt linksauriculärer Myokarditis, sowie "sekundäre Verlagerungen der PQ-Strecke" bei Vorhofvergrößerung.

Bei der rheumatischen Karditis im Kindesalter sahen BURGEMEISTER u. Mitarb., RAUTENBURG, sowie BURGEMEISTER in der Frühphase der

Erkrankung Senkungen der PQ-Strecke in den Standardableitungen. Da nach BURGEMEISTER sowie STOERMER und anderen die Elektrokardiographie einerseits den wichtigsten Beitrag zur Erfassung der rheumatischen Karditis darstellt, andererseits die "Elektrokardiogramm-Feinzeichen" (RAUTENBURG) - Verlängerung der Überleitungszeit, PQ-Senkung, sogen. tic-toc-Rhythmus (RAUTENBURG u. Mitarb.), ST-T-Undulation (ZUCKERMANN) - flüchtig und variabel sind (BURGEMEISTER u. Mitarb., CZONICZER u. SZÁBO), kann nur die häufige Elektrokardiogramm-Aufzeichnung den optimalen diagnostischen Erfolg bringen.

Nach Durchsicht der einschlägigen Literatur lagen keine systematischen Untersuchungen über das Auftreten von PQ-Senkungen im Elektrokardiogramm für das Kindesalter vor, deshalb erschien es notwendig an einem großen Elektrokardiogramm-Material dieser Frage nachzugehen.

Es sollte gezeigt werden, wie oft PQ-Senkungen im Elektrokardiogramm in den Extremitätenableitungen bei Kindern auftreten, und mit welchen weiteren Parametern des Elektrokardiogramms sich ein Zusammenhang ergibt.

An Hand eines zweiten Kollektivs von Kindern mit rheumatischer Karditis sollten die gewonnenen Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt eines klinischen Aussagewertes diskutiert werden.

Diese Untersuchungen wurden angeregt durch Herrn Prof. Dr. med. H. W. RAUTENBURG, Universitäts-Kinderklinik zu Gießen, dem ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas und die Hilfestellung bei der Anfertigung der Arbeit zu Dank verpflichtet bin.

II. Allgemeiner Teil (unausgelesenes EKG-Material)

1. Untersuchungsmaterial

Für die Untersuchungen wurden Elektrokardiogramme aus dem Archiv der Universitäts-Kinderklinik in Giessen benutzt. Das Archiv umfaßt Elektrokardiogramme von annähernd 5000 Kindern, die in der Zeit von 1959 bis Juni 1966 geschrieben wurden; die Mehrzahl jedoch nach 1961.

Es wurden 1000 Elektrokardiogramme ausgewählt. Diese Auswahl erfolgte aus einer Kartei, in der alle Kinder erfaßt sind, deren Elektrokardiogramme im Archiv aufbewahrt werden. Um eine Selektion nach Alter, Geschlecht oder Diagnose zu vermeiden, wurde eine freie Auslese getroffen nach den "zufällig angeordneten Zahlen" von LINDER. (sogen. auslesefreie Serie)

Ausgewertet wurde jeweils das erste Elektrokardiogramm jedes ausgesuchten Kindes. Zur Zeit dieser Untersuchungen waren die Elektrokardiogramme von 51 Kindern nicht im Archiv und standen somit der Auswertung nicht zur Verfügung. Sieben Patienten der Auswahl waren zur Zeit der Kurvenschreibung über 16 Jahre alt und schieden somit für diese Arbeit aus, die sich auf das Kindesalter beschränkt. Die Elektrokardiogramme von weiteren 57 Kindern wurden nicht ausgewertet, da sie entweder komplizierte Rhythmusstörungen oder technische Mängel boten.

Es wurden also insgesamt 885 Elektrokardiogramme von gesunden und kranken Kindern in die Untersuchung einbezogen (Tab. 1).

Ausgewählte EKG	nicht verwertbare Elektrokardiogramme			Ausgewertete EKG
	nicht im Archiv vorhanden	über 16 Jahre alte Personen	Rhythmusstörungen + techn. Mängel	
1000	51	7	57	885

Tabelle 1

Das Alter der Kinder lag zwischen einem Tag und 16 Jahren. Genauere Angaben folgen in Kap. 3. b) (Auswertung der Messergebnisse, speziell Tabelle 6).

Eine Unterteilung nach dem Geschlecht zeigt die Tabelle 2.

insgesamt ausgewertete EKG	davon Knaben	davon Mädchen
885	474	411

Tabelle 2

Das ausgewertete Kurvenmaterial wurde im Laufe der Jahre mit folgenden Elektrokardiographie-Geräten geschrieben:

- 1) Hellige Multiscriptor 9400 T
- 2) Siemens Cardiomat
- 3) Siemens Cardirex 6
- 4) Siemens Cardirex 3
- 5) Photoelektrischer Dreifach-Schreiber
der Firma Hellige

Mit dem unter 5) erwähnten Gerät wurden nur 8 der ausgewählten Elektrokardiogramme im Jahre 1959 geschrieben.

Bei der Durchsicht der zu dieser Studie verwendeten Elektrokardiogramme nach ihren elektrokardiographischen Diagnosen konnten 566 normale Befunde festgestellt werden. Für ein sicheres Vitium cordis congenitum oder dessen Verdacht sprachen die Befunde von 134 Elektrokardiogrammen. Bei weiteren 94 Elektrokardiogrammen fanden sich Störungen der Erregungsrückbildung der Kammern und Störungen der intraauriculären oder intraventriculären Reizleitung. Zeichen orthostatischer Fehlregulation waren bei 22 Elektrokardiogrammen zu erkennen. Vereinzelte Extrasystolen boten

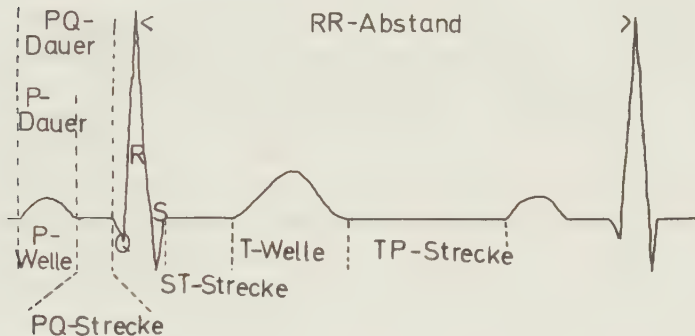
8 Elektrokardiogramme. In 4 Elektrokardiogrammen zeigte sich das Bild eines AV-Blockes ersten Grades. Bei 2 Elektrokardiogrammen fanden sich Veränderungen im Sinne einer Hypokaliämie. In dieser auslesefreien Serie fanden sich nur 8 Kinder, deren Elektrokardiogramme einen Verdacht auf eine rheumatische Karditis nahelegten (Tab. 3).

Elektrokardiogramm-Diagnosen:	Fallzahl:
Normale Befunde	566
Vitium cordis congenitum oder Verdacht	134
Störungen der Erregungs- rückbildung und der intra- auriculären und -ventri- culären Reizleitung	94
Orthostase	22
AV-Block ersten Grades	4
vereinzelte Extrasystolen	8
Hypokaliämie	2
Karditis oder Verdacht	8
Sonstige	47
Zusammen	885

Tabelle 3: Übersicht über die Diagnosen der ausgewerteten Elektrokardiogramme.

2. Methodik der Auswertung und Begriffsdefinition

Das normale Elektrokardiogramm zeigt bekanntlich folgendes Bild:



Nach EINTHOVEN werden die Zacken und Wellen mit den Buchstaben P, Q, R, S, T, U bezeichnet, die zwischen ihnen liegenden Abschnitte als PQ-, ST¹, UP- bzw. TP-Strecken.

Der Erregungsablauf eines jeden Herzabschnittes kann unterteilt werden in Erregungsausbreitung, Gesamterregung und Erregungsrückbildung. Da jedoch die Erregung in den Herzkammern einsetzt, bevor die Erregung der Vorhöfe abgeklungen ist, überschneiden sich im Elektrokardiogramm der Vorhofteil (Eag) und der Kammer- teil (Evg). Mit dem Ende der P-Welle ist die Erregungsausbreitung in beiden Vorhöfen beendet. Da in der Phase maximaler Erregung keine Potentialdifferenz der Vorhofsmuskulatur besteht, verläuft die PQ-Strecke in der Nulllinie (Isoelektrische Linie). Ehe nun die Erregungsrückbildung der Vorhöfe erfolgt, breitet sich die Erregung in den Kammern aus. Im Elektrokardiogramm ist daher die Erregungsrückbildung der Vorhöfe (T_a-Welle) bei normaler Überleitungszeit wegen ihres geringen Potentials und der Überlagerung durch die Depolarisation der Kammern (QRS-Komplex)

nicht sichtbar.

Die ST-Strecke stellt normalerweise die ganze Phase der Gesamterregung der Kammern dar und ist voll überblickbar, bis die Repolarisation der Kammern - erkennbar am Anstieg der T-Welle - einsetzt.

Im Gegensatz dazu stellt die PQ-Strecke nicht die ganze Phase der Gesamterregung der Vorhöfe dar - eine normale Überleitungszeit vorausgesetzt -; der weitere Verlauf und die Repolarisation der Vorhöfe sind daher infolge Überlagerung durch Kammerpotentiale nicht zu überblicken. Deshalb werden sich Abweichungen der PQ-Strecke aus der Nulllinie infolge der geringeren Potentiale und der kürzeren Dauer in geringerer Ausprägung als bei ST-Strecken zeigen. Schon derartig geringe Verlagerungen der PQ-Strecke können - im Gegensatz zu gleichnamigen Veränderungen am Kammerteil - bereits eine pathologische Bedeutung besitzten.

Als Bezugslinie für eine Beurteilung der ST-Strecke wird im allgemeinen die PQ-Strecke verwendet, wobei vorausgesetzt wird, daß diese in der Nulllinie verläuft (HOLZMANN). Will man jedoch die PQ-Strecke selbst beurteilen, so bietet sich nur die TP-Strecke - ein Teil der Diastolendauer - als Bezugslinie an. Die Länge der TP-Strecke ist aber frequenzabhängig. Daher rückt bei hohen Frequenzen die P-Welle an die T-Welle heran (sogen. Vorhof-Kammer-Pfropfung), so daß dann die TP-Strecke nicht mehr isoelektrisch ist.

In der vorliegenden Arbeit wurde trotz dieser grundsätzlichen Einschränkung mangels anderer Bezugspunkte die TP-Strecke als Bezugslinie zur Beurteilung einer Senkung der PQ- und ST-Strecken gewählt, solange dieselbe vorhanden war. Die Messungen erfolgten in den Extremitätenableitungen I, II, III nach EINTHOVEN. Der Niveauvergleich der jeweiligen TP-Strecke mit den entsprechenden PQ- und ST-Strecken von fünf aufeinanderfolgenden Herzaktionen wurde mit einem transparenten 50 cm langen Lineal vorgenommen. Als "Senkung der PQ- oder ST-Strecke unter das

TP-Niveau" wurden 0,5 mm (= 0,05 Millivolt - bezogen auf die Eichzacke von 1 mV = 10 mm) angesehen. Nach diesen Kriterien wurden die Ableitungen I, II, III bei allen 885 Elektrokardiogrammen geprüft.

Zur Bestimmung der Herzschlagfrequenz wurden die R-R-Intervalle von fünf aufeinanderfolgenden Herzaktionen mit dem Stechzirkel gemessen. Alle Messungen wurden in einer der drei Extremitätenableitungen bei einer Registriergeschwindigkeit von 100 mm/sec. vorgenommen. Die Messgenauigkeit betrug bis zu fünf Millisekunden (= 0,5 mm).

In gleicher Weise wurde dann auch die P-Dauer und die PQ-Dauer in denselben fünf aufeinanderfolgenden Herzaktionen ausgemessen.

Die gewonnenen Messwerte bzw. Aussagen (insges. ca. 18 500 eigene Messdaten) wurden für jedes Elektrokardiogramm zusammen mit den allgemeinen Daten wie Alter, Geschlecht, Krankenblatt- oder Poliklinik-Nummer von mir selbst auf Maschinenlochkarten übertragen. Die Lochkartenarbeiten und die weitere maschinelle Bearbeitung der Daten erfolgte im Institut für Sozialmedizin an der Medizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Mein Dank gilt an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. med. M. Pflanz, dem damaligen Direktor des Instituts für Sozialmedizin der Universität Gießen, der es ermöglichte, die Berechnungen zu meiner Arbeit in seinem Institut vorzunehmen. Gleichzeitig danke ich Herrn G. Kielas für seine wertvolle Hilfe bei der maschinellen Berechnung.

3. Eigene Untersuchungen

a) Maschinelle Rechnungen

Auf dem IBM-Rechenlocher wurde mittels Lochkarten die Berechnung folgender Werte vorgenommen:

a) das mittlere R-R-Intervall
(Mittelwert der fünf Messwerte)

b) aus dem mittleren R-R-Intervall die
Herzfrequenz nach der Formel:

$$\text{Herzfrequenz} = \frac{60}{\text{mittl. R-R-Intervall in sec.}}$$

c) die mittlere P-Dauer
(als Mittelwert der fünf Messwerte)

d) die mittlere PQ-Dauer
(als Mittelwert der fünf Messwerte)

Diese vier Werte wurden für alle 885 Elektrokardiogramme gesondert ausgerechnet und maschinell in die zugehörigen Lochkarten übertragen.

b) Auswertung der Messergebnisse

Häufigkeit der PQ- und ST-Senkungen:

Als erstes Ergebnis war von Wichtigkeit, wie oft PQ- und ST-Senkungen im ausgewerteten Material beobachtet werden konnten und in welchen der drei Extremitätenableitungen sie gehäuft vorkamen. Es zeigte sich, daß bei 885 Elektrokardiogrammen in 212 Fällen PQ-Senkungen und in 249 Fällen ST-Senkungen in mindestens einer der drei Extremitätenableitungen auftraten. Die Verteilung der PQ- und ST-Senkungen auf die drei Ableitungen war unregelmäßig, am häufigsten wurden sie in der zweiten Ableitung nach EINTHOVEN gesehen. Genaue Angaben darüber finden sich in Tabelle 4.

I. PQ-Senkungen:

in Abl. I	: 12
in Abl. II	: 127
in Abl. III	: 2
in Abl. I + II	: 30
in Abl. II + III	: 37
in Abl. I + III	: 0
in Abl. I + II + III	: <u>4</u>
	212

II. ST-Senkungen:

in Abl. I	: 15
in Abl. II	: 99
in Abl. III	: 19
in Abl. I + II	: 30
in Abl. II + III	: 72
in Abl. I + III	: 0
in Abl. I + II + III	: <u>14</u>
	249

Tabelle 4: Die Tabelle zeigt die Verteilung von 212 PQ- und 249 ST-Senkungen bei 885 Elektrokardiogrammen eines unausgelesenen Kollektivs auf die drei Extremitäten-Ableitungen nach EINTHOVEN.

Die zweite Aufgabe dieser Untersuchung war es, Zusammenhänge zwischen Senkungen der PQ-Strecke und anderen Merkmalen des Elektrokardiogramms zu überprüfen. Voraussetzung dafür war wieder die Verwendung von Maschinen-Lochkarten. Damit wurde es

möglich, etwaigen Korrelationen zwischen PQ-Senkung und weiteren Elektrokardiogramm-Merkmalen (P-Dauer, PQ-Dauer, Herzfrequenz, ST-Senkung sowie Alter des Kindes) nachzugehen und die notwendigen Rechnungen völlig fehlerfrei zu gestalten.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g u n d H e r z f r e q u e n z :

Mit Hilfe der IBM-Sortiermaschine wurden zunächst die Lochkarten nach steigenden Herzfrequenzen geordnet.

Dann erfolgte die Unterteilung in Frequenzgruppen auf der IBM-Tabelliermaschine, wobei jede Gruppe um 10 Herzschläge/min. differierte. So gehören z. B. die Frequenzen 70, 73, 78, 79/min. zu einer Frequenzgruppe. Geordnet nach diesen Frequenzgruppen wurden nun für jedes Elektrokardiogramm die weiteren Meßdaten und Rechendaten ausgedruckt.

Bei dieser Einteilung (s. Tabelle 5) waren die 885 untersuchten Elektrokardiogramme in ihrer Herzfrequenz sehr unterschiedlich verteilt, jedoch war eine zahlenmäßige Häufung bei 80 - 90 Schlägen/min. zu bemerken. Wie weiterhin aus Tabelle 5 ersichtlich, zeigten Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen eine zahlenmäßige Häufung erst bei höheren Herzfrequenzen (110 - 120 Schläge/min.). Besonders deutlich stellt sich diese unterschiedliche Häufigkeitsverteilung graphisch in der Abbildung 1 dar.

S t a t i s t i s c h e r N a c h w e i s d e r S i g - n i f i k a n z e i n e r u n t e r s c h i e d l i c h e n F r e q u e n z v e r t e i l u n g :

Für weitere Untersuchungen in dieser Richtung war es erforderlich, diese oben beobachtete "unterschiedliche Frequenzverteilung" auch als signifikant unterschiedlich nachzuweisen. Als geeignetes statistisches Verfahren wurde das Chi-Quadrat-Verfahren (χ^2) angewendet. Es gilt folgende Formel (LIEBERT):

$$(1) \quad \chi^2 = \sum \frac{(b - e)^2}{e}$$

1	2	3	4
Herz- frequenz (in Zehner- gruppen) /min.	insges. 885 EKG Anzahl	212 EKG mit PQ-Senkungen Anzahl in % von Spalte 2	249 EKG mit ST-Senkungen Anzahl in % von Spalte 2
50 - 59	9	0 0	1 11,0
60 - 69	66	0 0	6 9,0
70 - 79	110	6 5,5	19 17,2
80 - 89	145	10 6,9	19 13,1
90 - 99	116	20 17,2	22 18,9
100 - 109	101	25 24,7	32 31,6
110 - 119	78	30 38,4	34 43,5
120 - 129	68	25 36,7	27 39,8
130 - 139	57	26 45,6	27 47,3
140 - 149	45	19 42,2	18 40,0
150 - 159	33	14 40,2	13 39,3
160 - 169	23	13 56,5	10 43,4
170 - 179	14	11 78,5	9 64,2
180 - 189	5	3 60,0	3 60,0
190 - 199	6	4 66,0	3 50,0
200 - 209	8	5 62,5	5 62,5
210 - 219	1	1 100,0	1 100,0

Tabelle 5: Die Tabelle zeigt die Verteilung von PQ- und ST-Senkungen bei 885 Elektrokardiogrammen eines unausgesuchten Kollektivs in Abhängigkeit von der Herzfrequenz der untersuchten Kinder.



Abbildung 1: Die Verteilung von 885 Elektrokardiogrammen und von 212 Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv bezogen auf die Herzfrequenz.
(EKG mit PQ-Senkungen schraffiert)

In dieser Formel bedeuten:

b = beobachteter Wert

e = erwarteter Wert (bei Gleichverteilung)

Da es sich hier um 2 x k Felder handelt, ließ sich folgende Formel verwenden, die eine algebraische Umformung der Formel 1 ist:

$$\chi^2 = \frac{N^2}{N_a N_b} \left[\sum \frac{a_j^2}{N_j} - \frac{(N_a)^2}{N} \right]$$

In dieser Formel bedeuten:

$N_a + N_b = N$ = Gesamtzahl der EKG = 885

N_a = Anzahl der EKG mit Senkungen
der PQ-Strecke = 212

N_b = Anzahl der EKG ohne PQ-Senkungen
= 673

Aus statistischen Gründen wurde die Anzahl der Frequenzgruppen auf 13 vermindert. (Die Frequenzen 50 - 69/min. und 180 - 219/min. bilden jeweils eine gemeinsame Frequenzgruppe.)

j = 1, 2, ..13(=k) Frequenzgruppe

k = 13 = Anzahl der Frequenzgruppen

a_j = Anzahl der Elektrokardiogramme mit
Senkungen der PQ-Strecke in der
jeweiligen Frequenzgruppe

N_j = Gesamtzahl der Elektrokardiogramme
in jeder einzelnen Frequenzgruppe

df = Zahl der Freiheitsgrade = k - 1 = 12

Es ergaben sich folgende statistischen Werte:

Quelle (statist. Ab- hängigkeiten)	χ^2	df	p
Herzfrequenz- verteilung der 212 EKG mit PQ- Senkungen / Herz- frequenzverteilung der 885 EKG	448,18	12	$\leq 0,001$

Da der zugehörige Tabellenwert für die Chi-Quadrat-Verteilung (448,18) bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,001$ (d. h. 1 %) nur 32,909 beträgt, ist der Unterschied zwischen den Verteilungen, wie sie Abbildung 1 aufweist, hoch signifikant abzusichern.

Die Annahme, daß Senkungen der PQ-Strecke bei höheren Herzfrequenzen häufiger als bei niederen Frequenzen auftraten, wie aus Abbildung 1 abzulesen ist, wird mit dieser Berechnung noch nicht bestätigt. Einzig die Aussage über die Unterschiedlichkeit im Frequenzverhalten der Elektrokardiogramme mit Senkungen der PQ-Strecke gegenüber dem Gesamt-Elektrokardiogramm-Material ist hiermit als gesichert anzusehen.

Es lag somit nahe, diesen Zusammenhängen zwischen Senkungen der PQ-Strecken und der Herzfrequenz weiter nachzugehen und die nach Abbildung 1 vermutete Beziehung auch statistisch abzusichern.

Beim Ausmessen der Elektrokardiogramme war aufgefallen, daß PQ- und ST-Senkungen oft zusammen auftraten. Da, wie auch in Tabelle 4 und 5 zu sehen, Senkungen der ST-Strecken in etwa gleichem Umfang wie Senkungen der PQ-Strecken auftraten, interessierte das Verhalten dieser Senkungen zueinander und - in gleicher Weise wie bei PQ-Senkungen - die Abhängigkeit der ST-Senkungen von der Herzfrequenz. Es ergaben sich somit folgende Fragestellungen:

- 1) Sind Senkungen der PQ-Strecke abhängig von der Herzfrequenz?

- 2) Sind Senkungen der ST-Strecke abhängig von der Herzfrequenz?
- 3) Sind Senkungen der PQ-Strecke von Senkungen der ST-Strecke abhängig? (sogen. statistische Abhängigkeit)
- 4) Sind Senkungen der PQ- und ST-Strecke von der Herzfrequenz in unterschiedlicher Weise abhängig?

Die Frage nach der Signifikanz dieser Abhängigkeiten ließ sich jedoch wiederum nur statistisch ermitteln. Für die statistische Berechnung bot sich erneut das Chi-Quadrat-Verfahren als geeignet an.

Chi-Quadrat-Werte können additiv zerlegt werden; hier in folgende Fragestellungen:

- 1) Sind PQ-Senkungen frequenzabhängig? (PQ / Frequenz)
- 2) Sind ST-Senkungen frequenzabhängig? (ST / Frequenz)
- 3) Sind PQ-Senkungen von ST-Senkungen abhängig? (PQ / ST)
- 4) Sind PQ- und ST-Senkungen unterschiedlich frequenzabhängig? (PQ / ST / Frequenz)

Es war notwendig, das gesamte Elektrokardiogramm-Material (885) innerhalb der 13 Frequenzgruppen in vier weitere Kategorien maschinell zu unterteilen, nämlich:

- a) weder PQ- noch ST-Senkung
- b) nur PQ-Senkung
- c) nur ST-Senkung
- d) PQ- und ST-Senkung.

Für einen statistischen Vergleich dreier Größen ist ein dreidimensionales Denkschema notwendig. Vereinbarungsgemäß sind in diesem Schema drei Ebenen, die aufeinander senkrecht stehen.

Hierbei sind die Zeilen horizontal, die Spalten vertikal und die Ebenen senkrecht darauf zur Papierebene zu denken.

Im dreidimensionalen Schema sind

in den Zeilen: PQ-Senkung oder keine
in den Spalten: ST-Senkung oder keine
in den Ebenen: Herzfrequenzen = 13

einzusetzen.

Nach Formel (1) gilt nun:

$$\chi^2 = \frac{\sum klm}{\sum} \frac{(b - e)^2}{e}$$

wobei bedeuten: $k = 2$ (Zahl der Zeilen = PQ-Senk. oder nicht)
 $l = 2$ (Zahl der Spalten = ST-Senk. oder nicht)
 $m = 13$ (Zahl der Ebenen = Herzfrequenzen)
 b = beobachtete Werte

für e gilt, wenn z. B.

$$e_{ij} = \frac{N_i N_j}{N}$$

$$N = N_i + N_j$$

$$i = 1, 2 (=k)$$

$$j = 1, 2 (=l)$$

$$o = 1, 2 \dots 13 (=m)$$

N_i = Anzahl der Elektrokardiogramme in den Zeilen
(PQ-Senkungen)

N_j = Anzahl der Elektrokardiogramme in den Spalten
(ST-Senkungen)

N_o = Anzahl der Elektrokardiogramme in den Ebenen
(Herzfrequenz)

Die zur Berechnung der χ^2 -Werte notwendigen Freiheitsgrade (df) wurden nach folgender Tabelle gewonnen:

Quelle	Freiheitsgrade (df)
--------	---------------------

PQ/Frequ.	(k-1) (m-1)
-----------	-------------

ST/Frequ.	(l-1) (m-1)
-----------	-------------

PQ/ST	(k-1) (l-1)
-------	-------------

Total	klm-k-l-m+2	wobei	$e_{ijo} = \frac{N_i N_j N_o}{N^2}$
-------	-------------	-------	-------------------------------------

(und als Differenz: Total - Interaktionen 1,2,3 = PQ/ST/Frequ.)

PQ/ST/Frequ.	(m-1) (k-1) (l-1)
--------------	-------------------

Bei der maschinellen Berechnung der Chi-Quadrat-Werte ergaben sich bei unserer dreidimensionalen Fragestellung folgende Ergebnisse:

Quelle	χ^2 -Wert	Freiheitsgrade (df)	Irrtumswahrscheinlichk.f
PQ/Frequ.	169,37	12	$p \leq 0,001$
ST/Frequ.	92,26	12	$p \leq 0,001$
PQ/ST	302,78	1	$p \leq 0,001$ ($\gamma = 0,584$)
PQ/ST/ Frequ.	526,68	12	$p \leq 0,001$
Total	1091,09	37	

Alle vier oben aufgestellten Hypothesen (s. Seite 16/17) ließen sich hier auf dem 1 %-Niveau sichern, d. h. ihr Chi-Quadrat-Wert lag über dem dazugehörigen Tabellenwert für die Chi-Quadrat-Verteilung. Die dritte Hypothese bezieht sich auf die Abhängigkeit der Senkungen der PQ-Strecke zu den Senkungen der ST-Strecke. Da es sich hier um die Rechnung mit einer sogen. Vierfeldertafel handelt, läßt sich der zugehörige Korrelationskoeffizient angeben. Er beträgt $\gamma = 0,584$. Eine vollständige Korrelation liegt vor bei $\gamma = +1$ oder -1 , keine Korrelation bei $\gamma = 0$. Es findet sich also für das gemeinsame Auftreten von Senkungen der PQ- und ST-Strecken im Elektrokardiogramm eine mittlere

Korrelation.*)

Die Untersuchungen, die Zusammenhänge zwischen Senkungen der PQ-Strecke, der Herzfrequenz und Senkungen der ST-Strecke zum Ziele hatten, waren damit abgeschlossen. Für das Thema am wichtigsten war damit der statistische Beweis, daß Senkungen der PQ-Strecke von der Herzfrequenz abhängig sind.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g u n d P - D a u e r :

Es sollten nun die Zusammenhänge zwischen Auftreten von PQ-Senkungen und der entsprechenden P-Dauer untersucht werden. Dazu wurden mit Hilfe der IBM-Sortiermaschine zunächst die Maschinen-Lochkarten nach der Länge ihrer P-Dauer geordnet. Dann erfolgte die Unterteilung in Gruppen nach der P-Dauer auf der IBM-Tabelliermaschine. Hierbei umfaßte jede Gruppe 5 Millisekunden der P-Dauer. So gehörten z. B. die Elektrokardiogramme mit einer P-Dauer von 65, 67, 69 msec. zu einer Gruppe. Geordnet nach diesen Gruppen (P-Dauer) wurden nun für jedes Elektrokardiogramm die weiteren Mess- und Rechen- und Daten ausgedruckt. Daraus ergab sich die Tabelle 6.

Es ergab sich nun die Frage, ob die Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen (212) im Vergleich zum Gesamtkollektiv (885) eine andere P-Dauer aufwiesen. Die Antwort ist aus Abbildung 2 zu entnehmen: Es besteht beim Vergleich beider Kollektive kein Unterschied in bezug auf die Länge der P-Dauer.

In der Tabelle 6 war weiterhin maschinell für jede Gruppe (P-Dauer) eine mittlere Herzfrequenz errechnet worden. Diese beiden Größen (mittlere Herzfrequenz und P-Dauer) wurden in der Abbildung 3 beim Gesamtkollektiv (885) und dem Kollektiv mit PQ-Senkungen (212) gegenübergestellt.

*) An dieser Stelle gilt mein Dank Herrn Dipl. Psych. Dr. D. Beckmann, der mir in stets hilfsbereiter Weise seine Kenntnisse auf dem Gebiet der Statistik zur Verfügung stellte.

P-Dauer gruppiert in msec.	insgesamt 885 EKG		212 EKG mit PQ-Senkungen	
	Anzahl	mittlere Herzfrequenz jeder Gruppe (P-Dauer) Schläge pro Minute	Anzahl	mittlere Herzfre- quenz jeder Gruppe (P-Dauer) Schläge pro Minute
40 - 44	4	150,0	1	157,0
45 - 49	8	143,4	2	210,9
50 - 54	10	150,0	4	164,5
55 - 59	36	142,1	15	146,1
60 - 64	96	125,6	25	157,5
65 - 69	91	111,2	18	144,0
70 - 74	198	109,1	41	132,4
75 - 79	146	98,2	30	113,8
80 - 84	218	92,2	47	113,7
85 - 89	43	93,0	11	117,7
90 - 94	21	98,6	11	107,7
95 - 99	9	94,2	4	104,7
100 - 104	3	89,4	1	114,0
105 - 109	1	123,4	1	123,4
120 - 124	1	104,8	1	104,8

Tabelle 6: Die Tabelle zeigt die Verteilung von 885 Elektrokardiogrammen und von 212 Fällen mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv bezogen auf ihre P-Dauer. Die mittlere Herzfrequenz jeder Gruppe (P-Dauer) ist angegeben.

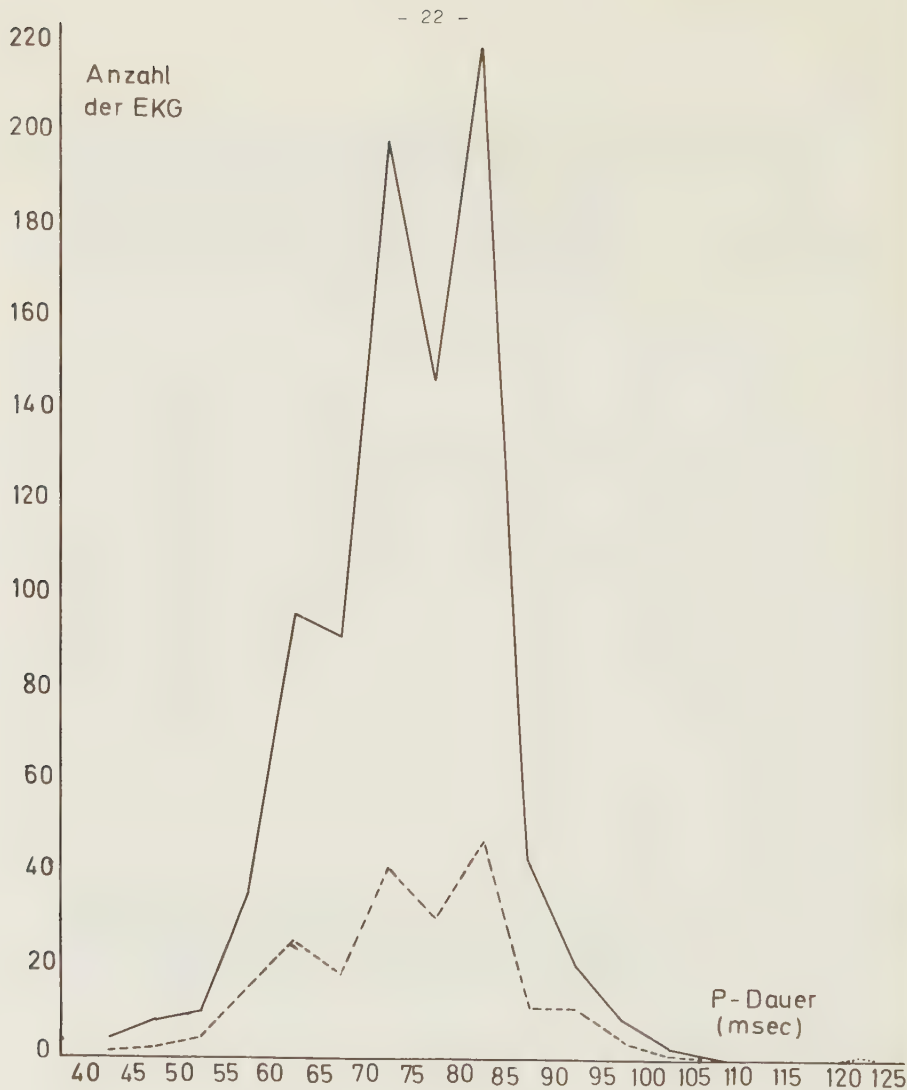


Abbildung 2: Die Verteilung von 685 Elektrokardiogrammen und von 212 Elektrokardiogrammen mit P_w-Senkungen aus diesem Kollektiv in bezug auf ihre P-Dauer. (EKG mit P_w-Senkungen gestrichelt)



Bildung 7: Bei jeweils gleicher P-Dauer werden 895 Elektrokardiogramme und 212 Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv in ihrer mittleren Herzfrequenz verglichen. (EKG mit PQ-Senkungen gestrichelt)

Es zeigt sich in Abbildung 3, daß Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen - bei gleicher P-Dauer wie das Gesamtkollektiv - eine höhere Herzfrequenz aufweisen.

Dieses Ergebnis bestätigt die oben gemachte Feststellung, daß PQ-Senkungen bei höheren Herzfrequenzen gehäuft vorkommen, jedoch keine Abhängigkeit der PQ-Senkungen von der P-Dauer besteht.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g u n d P Q - D a u e r :

Als nächstes waren die Zusammenhänge zwischen Auftreten von PQ-Senkungen und der entsprechenden PQ-Dauer zu untersuchen. Dazu wurden mit Hilfe der IBM-Sortiermaschine zunächst die Maschinen-Lochkarten nach der Länge ihrer PQ-Dauer geordnet.

Dann erfolgte die Unterteilung in Gruppen nach der PQ-Dauer auf der IBM-Tabelliermaschine. Hierbei umfaßte jede Gruppe 5 Millisekunden der PQ-Dauer. So gehörten z. B. die Elektrokardiogramme mit einer PQ-Dauer von 140, 143, 144 msec. zu einer Gruppe. Geordnet nach diesen Gruppen (PQ-Dauer) wurden nun für jedes Elektrokardiogramm die weiteren Meß- und Rechendaten ausgedruckt. Daraus ergab sich Tabelle 7. Darin sind die Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen (212) im Vergleich zum Gesamtkollektiv (885) nach ihrer PQ-Dauer nebeneinandergestellt. Besser als in Tabelle 7 erkennbar, ergibt sich aus der graphischen Darstellung - Abbildung 4 - : Beim Vergleich beider Kollektive ist kein Unterschied in bezug auf die Länge der PQ-Dauer festzustellen.

PQ-Dauer gruppiert in msec.	insgesamt 885 EKG		212 EKG mit PQ-Senkungen	
	Anzahl	mittlere Herzfrequenz jeder Gruppe (PQ-Dauer)	Anzahl	mittlere Herzfre- quenz jeder Gruppe (PQ-Dauer)
		Schläge /min.		Schläge /min.
60 - 64	1	208	1	208
65 - 69	1	82	0	
70 - 74	1	205	0	
75 - 79	4	161	1	203
80 - 84	10	169	5	192
85 - 89	9	140	1	152
90 - 94	34	146	12	170
95 - 99	26	137	13	155
100 - 104	54	123	14	133
105 - 109	52	125	17	144
110 - 114	94	115	26	134
115 - 119	83	105	16	134
120 - 124	103	102	24	118
125 - 129	73	98	16	113
130 - 134	84	91	12	110
135 - 139	73	90	11	106
140 - 144	57	94	13	114
145 - 149	42	93	9	110
150 - 154	26	90	6	113
155 - 159	18	95	6	106
160 - 164	16	89	4	101
165 - 169	8	100	2	109
170 - 174	7	90	1	123
175 - 179	0			
180 - 184	2	72	0	
185 - 189	2	83	0	
190 - 194	2	87	1	93
195 - 199	0			
200 - 204	2	84	1	105
205 - 209	0			
210 - 214	1	85	0	

Tabelle 7: Die Tabelle zeigt die Verteilung von 885 Elektrokardiogrammen und von 212 Fällen mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv bezogen auf ihre PQ-Dauer. Die mittlere Herzfrequenz jeder Gruppe (PQ-Dauer) ist angegeben.

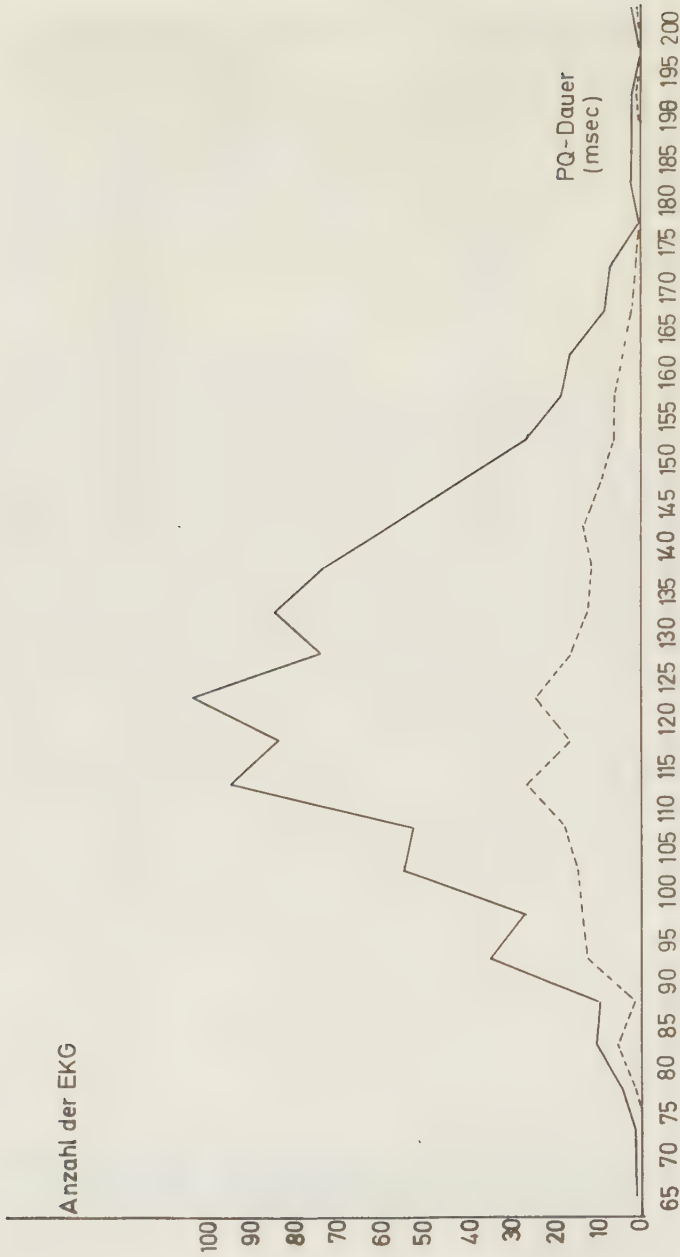


Abbildung 4: Die Verteilung von 885 Elektrokardiogrammen und von 212 Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv in bezug auf ihre PQ-Dauer.
(EKG mit PQ-Senkungen gestrichelt)

In der Tabelle 7 war weiterhin maschinell für jede Gruppe (PQ-Dauer) eine mittlere Herzfrequenz errechnet worden. Diese beiden Größen (mittlere Herzfrequenz und PQ-Dauer) wurden nun in der Abbildung 5 beim Gesamtkollektiv (885) und dem Kollektiv mit PQ-Senkungen (212) gegenübergestellt.

Es zeigte sich auch hier, daß Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen - bei gleicher PQ-Dauer wie das Gesamtkollektiv - eine höhere Herzfrequenz aufweisen.

Damit konnte erneut die oben gemachte Feststellung bestätigt werden, daß PQ-Senkungen bei höheren Herzfrequenzen gehäuft vorkommen, jedoch keine Abhängigkeit der PQ-Senkungen von der PQ-Dauer besteht.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g u n d L e b e n s a l t e r :

Nachdem in den bisherigen Untersuchungen lediglich die Faktoren Herzfrequenz, P-Dauer, PQ-Dauer und Senkungen der ST-Strecke in Bezug zu Senkungen der PQ-Strecke gesetzt wurden, sollte nun auch das Lebensalter des jeweiligen Kindes zum Zeitpunkt der Anfertigung des Elektrokardiogramms berücksichtigt werden, da bekanntlich das Alter mit der Herzfrequenz korreliert.

Dazu wurden die Maschinen-Lochkarten mit Hilfe der IBM-Sortiermaschine nach zunehmendem Alter geordnet.

Auf der IBM-Tabelliermaschine erfolgte dann die Unterteilung in Altersgruppen, wobei die Säuglinge bis zu einem Jahr in Monats-, die Kinder über einem Jahr in Jahresgruppen eingeteilt wurden. Die übrigen Meß- und Rechendaten jeder Lochkarte wurden zusammen mit der mittleren Herzfrequenz jeder Altersgruppe mit ausgedruckt.

Die Ergebnisse dieser Einteilung zeigt die Tabelle 8. Auffallend ist hier die Häufung von Senkungen der PQ-Strecken im Säuglings- und frühen Kindesalter; darüber hinaus ist die Altersverteilung der Fälle nahezu gleichmäßig und deutet auf keine Zusammenhänge zwischen PQ-Senkung und dem Alter hin.

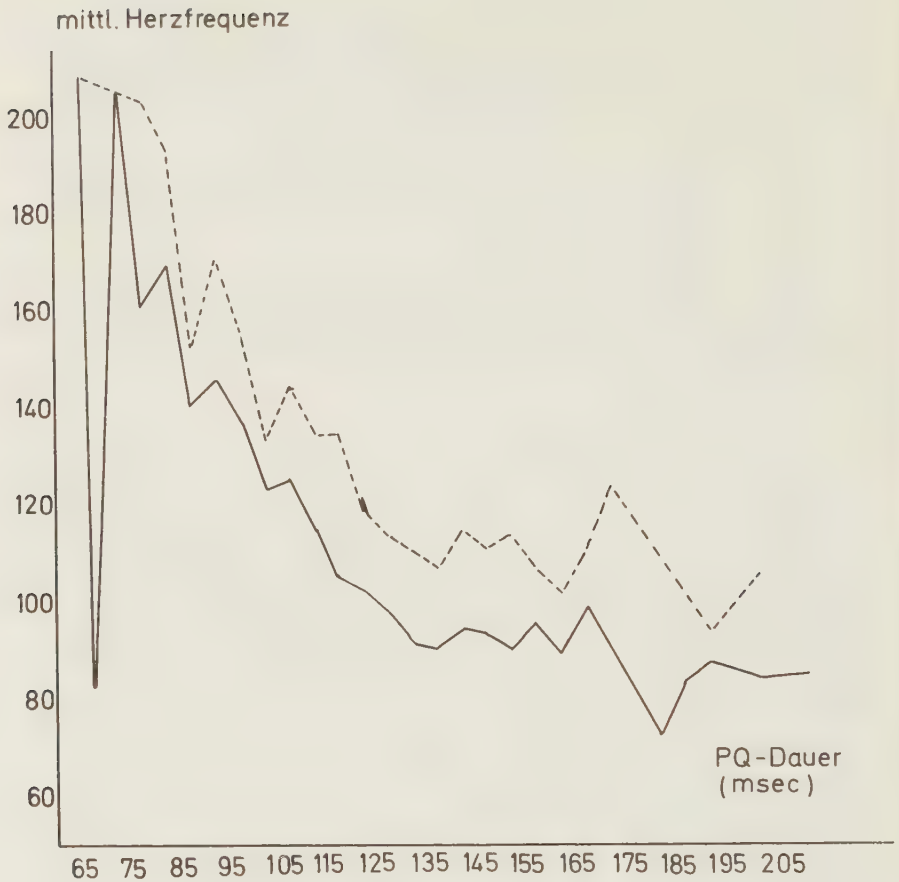


Abbildung 5: Bei jeweils gleicher PQ-Dauer werden 885 Elektrokardiogramme und 212 Elektrokardiogramme aus diesem Kollektiv in ihrer mittleren Herzfrequenz verglichen. (EKG mit PQ-Senkungen gestrichelt)

Alters- gruppen	insgesamt 885 EKG			212 EKG mit PQ-Senkungen		249 EKG mit ST-Senkungen	
	Anzahl	in %	mittl. Herzfrequ.	Anzahl	in %	Anzahl	in %
		von 885	von jeder Altersgrup- pe Schläge/min.		von 212		von 249
1 Monat	42	4,7	153,6	23	10,8	21	8,4
2 Monate	31	3,5	148,4	9	4,2	7	2,8
3 Monate	16	1,8	157,4	8	3,8	3	1,2
4 Monate	11	1,2	157,3	6	2,8	3	1,2
5 Monate	10	1,1	135,4	4	1,8	0	0
6 Monate	4	0,5	145,0	1	0,4	1	0,4
7 Monate	8	0,9	134,7	2	0,8	2	0,8
8 Monate	8	0,9	154,0	3	1,2	4	1,6
9 Monate	6	0,7	146,8	3	1,2	2	0,8
10 Monate	3	0,4	173,4	1	0,4	1	0,4
11 Monate	7	0,8	141,3	4	1,8	4	1,6
bis 1 Jahr einschl.	146	16,5	150,3	64	30,1	48	19,2
1 Jahr	44	5,0	130,4	15	7,0	14	5,6
2 Jahre	57	6,4	118,7	21	9,9	25	10,0
3 Jahre	67	7,6	114,3	13	6,1	16	6,1
4 Jahre	38	4,3	108,0	9	4,2	14	5,6
5 Jahre	43	4,9	107,4	5	2,3	10	4,0
6 Jahre	68	7,7	91,6	8	3,6	16	6,1
7 Jahre	58	6,5	93,9	10	4,7	15	6,0
8 Jahre	57	6,4	93,5	14	6,6	16	6,1
9 Jahre	55	6,2	92,7	13	6,1	16	6,1
10 Jahre	66	7,5	82,2	10	4,7	13	5,2
11 Jahre	64	7,2	85,1	13	6,1	18	7,2
12 Jahre	57	6,4	83,7	9	4,2	13	5,2
13 Jahre	44	5,0	84,5	7	3,3	11	4,4
14 Jahre	17	2,0	82,4	1	0,4	4	1,6
15 Jahre	2	0,2	70,4	0	0	0	0
16 Jahre	2	0,2	70,0	0	0	0	0
		ca. 100%			ca. 100%		ca. 100%

Tabelle 8: Die Tabelle zeigt die Altersverteilung (in Gruppen) der insgesamt untersuchten 885 Elektrokardiogramme, der 212 EKG mit PQ-Senkungen und der 249 EKG mit ST-Senkungen. Die meisten PQ-Senkungen fanden sich im Säuglingsalter.

Diese Häufung von Senkungen der PQ-Strecke in den ersten zwei Lebensjahren kann nicht allein in der zahlenmäßigen Altersverteilung des untersuchten Materials mit dem Überwiegen von Elektrokardiogrammen aus dem Säuglingsalter gesehen werden. Diesen Sachverhalt demonstriert die Abbildung 6, wobei der Anteil jeder Altersklasse in Prozentsen zur Gesamtzahl ausgedrückt wurde, also unabhängig von der absoluten Zahl in jeder Altersgruppe. Auch bei dieser Darstellung wird deutlich, daß Senkungen der PQ-Strecke im Säuglingsalter häufiger vorkommen als im späteren Kindesalter.

Nach den vorangegangenen Untersuchungen lag es nahe, die Ursache für das gehäufte Auftreten von Senkungen der PQ-Strecke in den ersten Lebensjahren nicht auf das Alter selbst, sondern auf die Herzfrequenz zu beziehen, da die Herzfrequenz mit dem Lebensalter abnimmt. (s. später Abbildung 7).

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n L e b e n s a l - t e r u n d H e r z f r e q u e n z :

Bevor nun im vorliegenden Untersuchungsmaterial das Lebensalter mit der zugehörigen Herzfrequenz korreliert wurde, war eine neue maschinelle Sortierung notwendig. Es wurden zwei Kollektive gebildet: einerseits die Elektrokardiogramme mit Senkung der PQ-Strecke, andererseits die Elektrokardiogramme ohne PQ-Senkungen.

Geordnet nach zunehmendem Alter, wurde zu jeder Altersklasse die mittlere Herzfrequenz errechnet (s. Tabelle 9). Beide Kollektive sind in der Abbildung 7 graphisch gegenübergestellt. Aus dieser Abbildung geht hervor, daß in jeder Altersklasse die Elektrokardiogramme mit Senkungen der PQ-Strecke eine höhere Herzfrequenz aufwiesen als die vergleichbare Altersklasse ohne PQ-Senkungen.

Deshalb wurde folgendes festgestellt:

- 1) Das Auftreten von Senkungen der PQ-Strecke ist altersabhängig.
- 2) Das Auftreten von Senkungen der PQ-Strecke ist unterschiedlich frequenz- und altersabhängig.

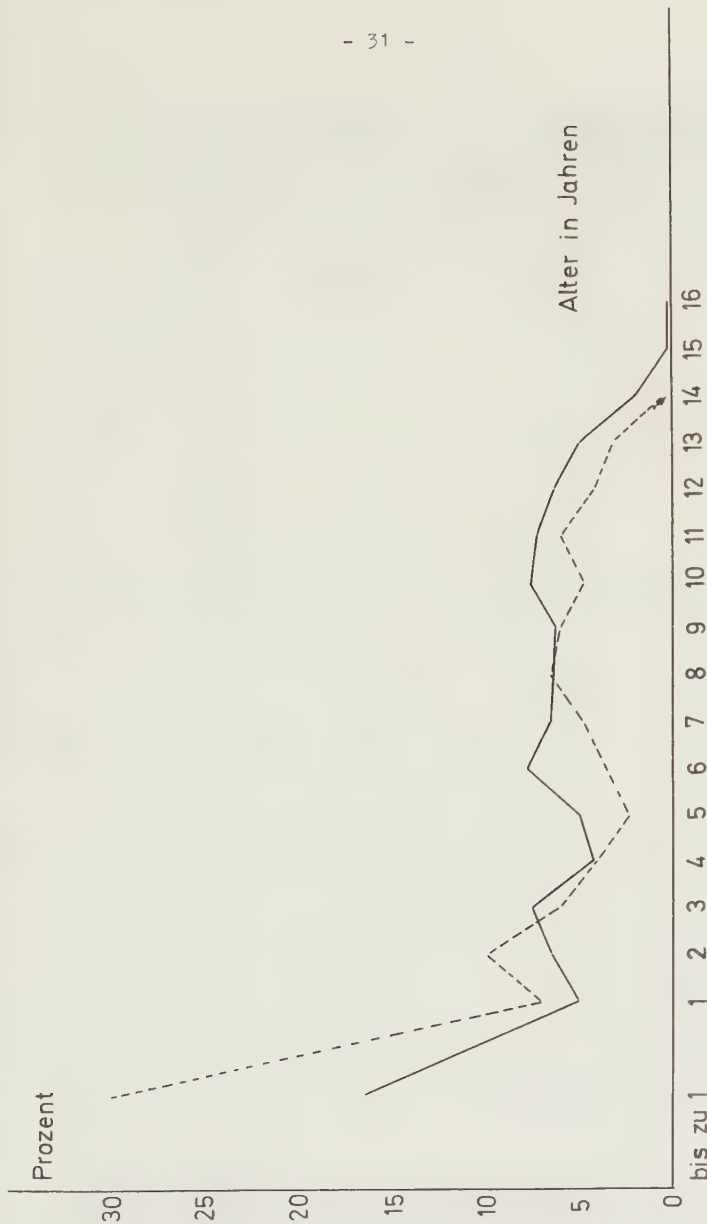


Abbildung 6: Die Altersverteilung von 885 Elektrokardiogrammen und von 212 Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv; Angabe für jede Altersgruppe in Prozent, wobei 100 % die Gesamtzahl d. h. 885 bzw. 212 darstellt. (EKG mit PQ-Senkungen gestrichelt)

Alters- gruppen	673 Elektrokardiogramme ohne PQ-Senkungen (aus insgesamt 885 EKG)		212 Elektrokardiogramme mit PQ-Senkungen (aus insgesamt 885 EKG)	
	Anzahl	mittl. Herzfrequenz jeder Altersgruppe Schläge /min.	Anzahl	mittl. Herzfrequenz jeder Altersgruppe Schläge /min.
1 Monat	19	148,7	23	157,6
2 Monate	22	142,8	9	162,4
3 Monate	8	147,2	8	167,7
4 Monate	5	159,1	6	155,8
5 Monate	6	132,7	4	139,4
6 Monate	3	137,8	1	166,6
7 Monate	6	129,0	2	151,7
8 Monate	5	140,7	3	176,0
9 Monate	3	129,9	3	163,6
10 Monate	2	180,2	1	160,0
11 Monate	3	128,8	4	150,6
bis 1 Jahr einschl.	82	143,5	64	158,9
1 Jahr	29	127,9	15	135,2
2 Jahre	36	109,2	21	134,8
3 Jahre	54	111,7	13	124,8
4 Jahre	29	103,3	9	122,9
5 Jahre	38	106,5	5	114,2
6 Jahre	60	88,3	8	115,9
7 Jahre	48	91,5	10	104,9
8 Jahre	43	90,5	14	102,6
9 Jahre	42	88,2	13	107,1
10 Jahre	56	79,5	10	97,2
11 Jahre	51	77,5	13	114,6
12 Jahre	48	80,2	9	102,0
13 Jahre	37	80,3	7	106,6
14 Jahre	16	80,0	1	120,7
15 Jahre	2	70,4	0	0
16 Jahre	2	70,0	0	0

Tabelle 9: Die Tabelle zeigt die Alters- und Herzfrequenzverteilung von 673 Elektrokardiogrammen ohne PQ-Senkung und von 212 Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkung bei insgesamt 885 untersuchten Elektrokardiogrammen.

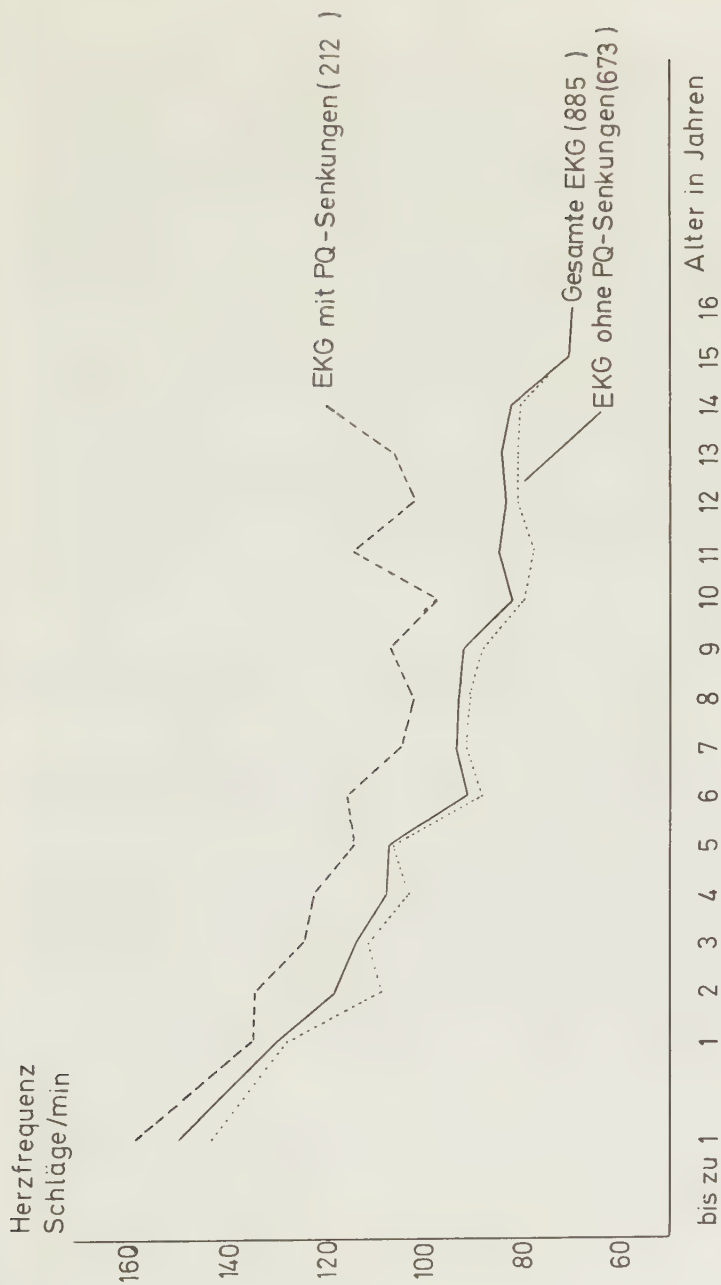


Abbildung 7: Die mittlere Herzfrequenz jeder Altersgruppe bei 885 Elektrokardiogrammen, bei 212 Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkungen und bei 673 Elektrokardiogrammen ohne PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv (885). (EKG mit PQ-Senkungen gestrichelt; EKG ohne PQ-Senkungen gepunktet)

Diese beiden Postulate mußten wieder statistisch untersucht werden.

Hierfür wurde erneut das Chi-Quadrat-Verfahren herangezogen. Es erschien aus Gründen des vereinfachten Rechenverfahrens vorteilhaft, das gesamte Elektrokardiogramm-Material nur nach fünf Frequenzgruppen zu unterteilen. Auch die Zahl der Altersklassen wurde auf drei reduziert. Diese umfaßten die Säuglinge bis zum ersten Lebensjahr, die Kleinkinder vom 1. bis zum 6. Jahr und schließlich die Schulkinder vom 7. bis zum 16. Jahr.

Die dritte Unterteilung des Gesamtmaterials erfolgte wiederum nach den zwei Kategorien:

- a) Elektrokardiogramme mit Senkungen der PQ-Strecke
- b) Elektrokardiogramme ohne Senkungen der PQ-Strecke.

Die Berechnung erfolgte erneut mit der Formel (1) (s. Seite 12) und in einem ähnlichen dreidimensionalen Schema wie auf Seite 18.

Ergebnisse der Berechnung:

Quelle	χ^2 -Wert	Freiheitsgrade (df)	Irrtumswahrscheinlichk. p
PQ/Frequ.	149,59	4	$p \leq 0,001$
Alter/Frequ.	537,76	8	$p \leq 0,001$
PQ/Alter	41,42	2	$p \leq 0,001$
(und als Differenz: Total - Quelle 1,2,3 = PQ/Frequ./Alter)			
PQ/Frequ./Alter	164,98	8	$p \leq 0,001$
Total	893,76	22	

Alle Chi-Quadrat-Werte waren somit hoch signifikant, d. h. beide Aussagen bzw. Postulate (s. Seite 30) ließen sich auf dem 1 %-Niveau sichern.

3 c) Zusammengefaßtes Ergebnis der Auswertungen

Wie nach den tabellarischen und graphischen Ergebnissen der Untersuchungen vermutet und durch die statistischen Berechnungen belegt wurde, fanden sich für die Fragestellung folgende Zusammenhänge:

Die Herzfrequenz und das Alter der Kinder spielen erwiesenermaßen eine - wenn auch unterschiedliche - Rolle beim Auftreten von Senkungen der PQ-Strecken.

Welcher Faktor von beiden - Alter oder Frequenz - enger mit dem Auftreten einer Senkung der PQ-Strecke korreliert ist, - eine Fragestellung dieser Studie - läßt sich aus den errechneten Werten für X^2 (s. Seite 19) unter Berücksichtigung der verschiedenen Freiheitsgrade dahingehend beantwortet, daß die Herzfrequenz der Kinder die verlässlichere Bezugsgröße für Senkungen der PQ-Strecke ist.

Senkungen der PQ-Strecke im Elektrokardiogramm bei Kindern sind im Säuglingsalter häufiger als im späteren Kleinkindes- und Kindesalter; bekanntlich liegt aber auch die Herzfrequenz von Säuglingen höher als bei älteren Kindern, so daß es sich hier um eine "Scheinhäufung" handeln kann. Werden nun die Daten von Kindern gleichen Alters verglichen, so haben Kinder mit relativ hoher Herzfrequenz häufiger Senkungen der PQ-Strecke als die Kinder mit einer für dieses Alter physiologischen Herzfrequenz.

Nach diesen Überlegungen ergibt sich also:

Senkungen der PQ-Strecke sind von der Herzfrequenz abhängig!

Je höher die Herzfrequenz ist, umso eher treten PQ-Senkungen auf!

4. Diskussion

Die Untersuchung der nach statistischen Erwägungen ausgewählten Elektrokardiogramme von 885 Kindern zeigte, daß PQ-Senkungen erstmals bei Herzfrequenzen von 70 - 80 /min. zu beobachten sind, bei Herzfrequenzen von 100 - 110 /min. schon in einem Viertel der Elektrokardiogramme und schließlich bei Herzfrequenzen von 170 - 180 /min. bei drei Viertel der Elektrokardiogramme auftreten. Bei dieser Beobachtungsweise waren weder das Alter noch der Gesundheitszustand des Kindes berücksichtigt.

Da Kinder unter einem Jahr schon normalerweise Herzfrequenzen von 125 - 160 /min. haben (OHR), war zu erwarten, daß bei Säuglingen recht häufig Senkungen der PQ-Strecken zu finden sein würden. Es zeigte sich dementsprechend, daß insgesamt 64 (43 %) der 146 Kinder unter einem Jahr PQ-Senkungen hatten. Im Vergleich dazu hatten z. B. von 66 zehnjährigen Kindern nur 10 (15 %) Senkungen der PQ-Strecken im Elektrokardiogramm.

Die Untersuchung der Abhängigkeit der Herzfrequenz vom Alter der Kinder bestätigte nur die bekannten Werte aus der Literatur, wie auch rückbezüglich die "auslesefreie Serie" unseres Untersuchungsmaterials.

Die Herzfrequenz ist durch eine Vielzahl physischer wie auch psychischer Faktoren komplex beeinflussbar. Unabhängig von der Genese einer Tachykardie zeigt das Elektrokardiogramm jedoch individuelle Ausprägungen. HOLZMANN versteht darunter: ungleiche Ausbildung der Vorhofendschwankung (Ta-Welle) und der ST-Strecke, der T-Wellenausbildung, des U-Wellenbeginns und der U-Wellenhöhe.

HOLZMANN sieht beim Tachykardie-Elektrokardiogramm des Erwachsenen "die P-Zacken meist stark ausgebildet, die PQ-Strecke zeigt etwa einen leicht absteigenden Verlauf, die Verlagerung der ST-Strecke ist durch einen tiefen Abgang und durch einen ansteigenden Verlauf zu einem oft unscharfen Übergang in die T-Welle gekennzeichnet. Diese Besonderheiten sind in Ableitung

II und den Brustwandableitungen $V_4 - V_6$ am stärksten ausgesprochen."

Mit diesen allgemeinen Feststellungen von HOLZMANN stimmen die Ergebnisse dieser Untersuchung auch für das Kindesalter überein, wobei PQ- und ST-Senkungen oft kombiniert und vorzugsweise in der zweiten Ableitung auftraten.

Bei gesunden Erwachsenen hat SJÖSTRAND bei einer Herzfrequenz von 105/min. - mit einer Streuung von 70-135/min. - festgestellt, daß es "in der Großzahl der Fälle zu einer Senkung der ST-Strecken unter das PQ-Niveau kommt."

Diese Beobachtung läßt sich durch die vorliegenden Ergebnisse auch für das Elektrokardiogramm des Kindes insofern stützen, als ST-Senkungen insgesamt häufiger als PQ-Senkungen waren (s. Tabelle 4 und 5). Eine quantitative Aussage darüber ist wegen des angewandten methodischen Vorgehens nicht möglich. Allerdings wurde bei den Messungen bemerkt, daß in Fällen mit gleichzeitiger PQ- und ST-Senkung die ST-Strecke eine stärkere Negativität aufwies als der PQ-Abschnitt.

Von FRIESE sowie von ZUCKERMANN wurde darauf hingewiesen, daß die Ta-Welle infolge Überlagerung bei Tachykardie bisweilen ST-Senkungen hervorrufen kann, "so daß eine Bewertung der ST-Verlagerung erst nach Abklingen einer Tachykardie vorgenommen werden kann."

Bei Tachykardie sah HOLZMANN zwei Möglichkeiten der Beeinflussung des Elektrokardiogramms durch U-Wellen:

1. bei Einfall der P-Zacken vor Beendigung der positiven U-Wellen, wobei es zu einer scheinbaren Senkung der PQ-Strecken kommen kann;
2. bei Andauer der U-Wellen auch während der PQ-Strecke kann es möglich sein, daß die Kurvenlinie trotz Senkung des P-Ta-Ta-Abschnittes noch über dem Nullniveau liegt; so daß nach Ablauf der U-Wellendauer die ST-Strecke scheinbar gesenkt erscheint.

LANGENDORF, CUSHING und Mitarb., HELLERSTEIN, MILLER und PERELMAN, sowie SCHAUB und Mitarb. beschrieben Senkungen der PQ-

Strecke bei Vorhofinfarkten. Tierexperimentell konnten PQ-Senkungen erzeugt werden durch Ligatur oder Abklemmen der Vorhofarterien (CUSHING u. Mitarb., LAMBERT) oder durch direktes Trauma (ABRAMSON u. Mitarb.).

Quantitative Angaben über das Niveau der PQ-Strecke fanden sich nur bei GROSS sowie SCHLEGEL, die unabhängig voneinander auf eine Korrelation zwischen PQ-Senkungen und Herzfrequenz hinwiesen.

Die ausführlichen Untersuchungen von GROSS über Senkungen der PQ-Strecke bei Erwachsenen stellten zwei Faktoren fest, die unabhängig voneinander bei Elektrokardiogrammen mit PQ-Senkungen beobachtet werden: eine Zunahme der Herzfrequenz und der Fläche, die von der P-Welle über der Nulllinie gebildet wird. Dabei wurde eine Korrelation zwischen der PQ-Senkung und der Herzfrequenz bzw. der P-Fläche nachgewiesen. Das untersuchte Kollektiv dieses Autors umfaßte 210 gesunde Personen zwischen 11 und 70 Jahren. Als Senkung der PQ-Strecke unter das Niveau der TP-Strecke in der Ableitung II nahm GROSS bereits eine Verlagerung von nur 0,2 mm an.

Bei einer Herzfrequenz von 70-80/min. sah GROSS in 60 % der Elektrokardiogramme PQ-Senkungen, unterhalb einer Frequenz von 70/min. waren PQ-Senkungen niemals, bei einer Herzfrequenz von über 90/min. jedoch immer nachzuweisen.

Durch die eigenen Untersuchungen am kindlichen Elektrokardiogramm kann bestätigt werden, daß bei Herzfrequenzen bis zu 70/min. keine PQ-Senkungen auftreten, obwohl hierfür nur Verlagerungen von über 0,5 mm als PQ-Senkung gewertet wurden.

In der Arbeit von SCHLEGEL wurden die Ruhe-Elektrokardiogramme von 500 Erwachsenen untersucht. Elektrokardiogramme mit Veränderungen im Sinne eines P-mitrale und P-pulmonale waren von vornherein ausgesondert worden; Angaben über die Diagnosen der Patienten waren nicht zu finden, ebenfalls fehlte im Hinblick auf das methodische Vorgehen eine genaue Angabe über die Kriterien der PQ-Senkungen. Im ganzen beobachtete SCHLEGEL in

43,2 % der Elektrokardiogramme PQ-Senkungen. SCHLEGEL sah PQ-Senkungen über das gesamte Herzfrequenzspektrum: bei Herzfrequenzen um 60/min. in 26 % und schließlich bei 150/min. in 75 % der Fälle. Das Hauptaugenmerk richtete der Autor jedoch auf die Beziehung der P-Dauer zur Herzfrequenz und zur PQ-Senkung (ausgehend von den für jede Herzfrequenz angegebenen Normwerten für die P-Dauer nach LEPESCHKIN). SCHLEGEL stellte in diesem Zusammenhang fest, daß in 90,4 % der PQ-Senkungen die P-Dauer relativ verlängert war.

Offenbar ist die Methodik des Ausmessens der Elektrokardiogramme und die Wahl der Kriterien für eine PQ-Senkung mitentscheidend für die Häufigkeit der Feststellung von PQ-Senkungen. Die Schwierigkeiten, eine befriedigende Nulllinie bei Tachykardien als Basis für die Beurteilung anzugeben, wurden in dieser Arbeit mehrfach betont. Eine Senkung der PQ-Strecke von 0,5 mm unter das TP-Niveau kann meßtechnisch noch vertreten werden, bei noch geringeren Abweichungen dürfte u. U. schon die Schreiddicke der Elektrokardiogramm-Kurven ein Hinderniss für eine exakte Auswertung sein.

Die hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse beweisen für das Kindesalter die engen Zusammenhänge zwischen Senkungen der PQ-Strecke und der Herzfrequenz, wie sie in ähnlicher Weise von GROSS und von SCHLEGEL auch für das Elektrokardiogramm des Erwachsenen festgestellt wurden. Eine Abhängigkeit der PQ-Senkungen von der P-Dauer (SCHLEGEL) konnte an kindlichen Elektrokardiogrammen nicht gefunden werden.

Es bleibt auffällig, daß auch bei höheren Herzfrequenzen (z. B. über 150 Schlägen/min.) nicht in allen Fällen eine Senkung der PQ-Strecke beobachtet werden konnte (vgl. Tab. 5). Das legt die Vermutung nahe, daß die Tachykardie nicht die alleinige Ursache von PQ-Senkungen sein kann, wie das z. B. für das Auftreten eines sog. tic-toc-Thytmus bewiesen werden konnte (de SOUSA). Die Durchsicht, die Auswertung und Aufgliederung des vorliegenden elektrokardiographischen Untersuchungsmaterials ließ jedoch keine weiteren Zusammenhänge erkennen.

III. Spezieller Teil (rheumatische Karditis)

1. Untersuchungsmaterial

Seit 1961 sind an der Universitätskinderklinik in Gießen alle Kinder mit rheumatischer Karditis erfaßt und in laufender Beobachtung. Es handelt sich dabei bis Januar 1967 um 35 Kinder mit der gesicherten Diagnose einer rheumatischen Karditis. Kinder mit Zustand nach Karditis und Verdachtsfälle wurden bei dieser Studie nicht berücksichtigt.

Die elektrokardiographischen Zeichen der rheumatischen Karditis sind bekanntlich flüchtig und in ihrer Ausprägung variabel.

Senkungen der PQ-Strecken sahen BURGEMEISTER u. Mitarb. sowie RAUTENBURG nur in den frühen Phasen der Erkrankung.

Deshalb wurden in dieser Studie von jedem Kind mehrere Elektrokardiogramme ausgewertet, die zu Beginn des stationären Aufenthaltes angefertigt worden waren.

Insgesamt handelt es sich um 112 Elektrokardiogramme aus dem Elektrokardiogrammarchiv der Universitäts-Kinderklinik Gießen von 17 Knaben und 18 Mädchen im Alter von 3 bis 13 Jahren.

2. Methodik

Die Elektrokardiogramme der Kinder mit rheumatischer Karditis wurden nach den gleichen Kriterien wie beim unausgelesenen Material (s. Seite 8) ausgemessen und beurteilt. Diese Meßwerte bzw. Aussagen wurden wieder zusammen mit den allgemeinen Daten jedes Kindes auf Maschinenlochkarten übertragen.

3. Eigene Untersuchungen

a) Maschinelle Rechnungen:

Auf dem IBM-Rechenlocher wurden wieder (s. Seite 10) folgende Berechnungen durchgeführt:

1. das mittlere R-R-Intervall
2. die Herzfrequenz
3. die mittlere P-Dauer
4. die mittlere PQ-Dauer.

Diese Werte wurden für alle 112 Elektrokardiogramme gesondert berechnet und maschinell in die zugehörigen Lochkarten übertragen.

b) Auswertung der Meßergebnisse:

H ä u f i g k e i t d e r P Q - u n d S T - S e n -
k u n g e n :

Es fand sich bei 112 Elektrokardiogrammen von 35 Kindern in 51 Elektrokardiogrammen eine Senkung der PQ-Strecke.

Senkungen der ST-Strecke wurden noch häufiger gesehen, nämlich bei 112 Elektrokardiogrammen 80mal.

Bei zehn Kindern konnte bei mehreren Elektrokardiogramm-Kontrollen keine PQ-Senkung beobachtet werden. Demgegenüber standen 25 Kinder, die entweder dauernd oder intermittierend eine Senkung der PQ-Strecken aufwiesen.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g
u n d H e r z f r e q u e n z :

Um zu sehen, ob die jeweilige Herzfrequenz einen Einfluß auf das Auftreten einer PQ-Senkung hat, wurden - wie schon im allgemeinen Teil (s. Seite 12) - die Elektrokardiogramme in Frequenzgruppen unterteilt. Anhand der Tabelle 10 und der Abbildung 8 können folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Bei Herzfrequenzen von 90-100/min. und darüber sind Senkungen der PQ-Strecke häufig.
2. Die Senkungen der PQ-Strecken nehmen mit steigender Herzfrequenz an Häufigkeit zu.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n P Q - S e n k u n g u n d L e b e n s a l t e r :

Der Faktor "Alter" wurde wie schon im allgemeinen Teil (s. Seite 27) in Beziehung zu Senkungen der PQ-Strecken gesetzt. Diese Zusammenhänge werden durch die Tabelle 11 und die Abbildung 9 anschaulich gemacht:

1. Die Altersverteilung der Kinder zwischen 3 und 13 Jahren ist nahezu gleichmäßig.
2. Senkungen der PQ-Strecken sind überdurchschnittlich häufig zwischen dem 5. und 6. und dem 11. und 12. Lebensjahr.

Z u s a m m e n h a n g z w i s c h e n L e b e n s a l - t e r u n d H e r z f r e q u e n z :

In der Tabelle 11 wurde weiterhin für jede Altersgruppe die mittlere Herzfrequenz errechnet. Die mittlere Herzfrequenz der Elektrokardiogramme mit Senkungen der PQ-Strecken wurden altersmäßig gesondert bestimmt. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse in Abbildung 10 besagt:

Elektrokardiogramme mit Senkungen der PQ-Strecken bei Karditis haben eine etwas höhere Herzfrequenz als der Durchschnitt des jeweiligen Alters.

Herzfrequenz (in Zehnergruppen) Schläge/min.	insgesamt 112 EKG		51 EKG mit PQ-Senkungen		80 EKG mit ST-Senkungen	
	Anzahl	in % von 112	Anzahl	in % von 51 Gesamtzahl	Anzahl	in % von 80 Gesamtzahl
50 - 59	1	0,8	0	0	1	1,2
60 - 69	2	1,7	0	0	0	0
70 - 79	8	7,0	1	2	3	3,7
80 - 89	13	11,3	2	3,9	9	11,2
90 - 99	24	21,7	12	23,5	19	23,8
100 - 109	19	16,5	8	15,7	11	13,8
110 - 119	16	14,8	9	17,7	14	17,5
120 - 129	15	14,0	10	19,6	11	13,8
130 - 139	10	8,7	5	9,8	8	10,0
140 - 149	4	3,5	4	7,8	4	5,0
		ca. 100 %		ca. 100 %		ca. 100 %

Tabelle 10: Die Tabelle zeigt die Verteilung von PQ- und ST-Senkungen bei 112 Elektrokardiogrammen bei Carditis rheumatica in Abhängigkeit von der Herzfrequenz der Kinder.

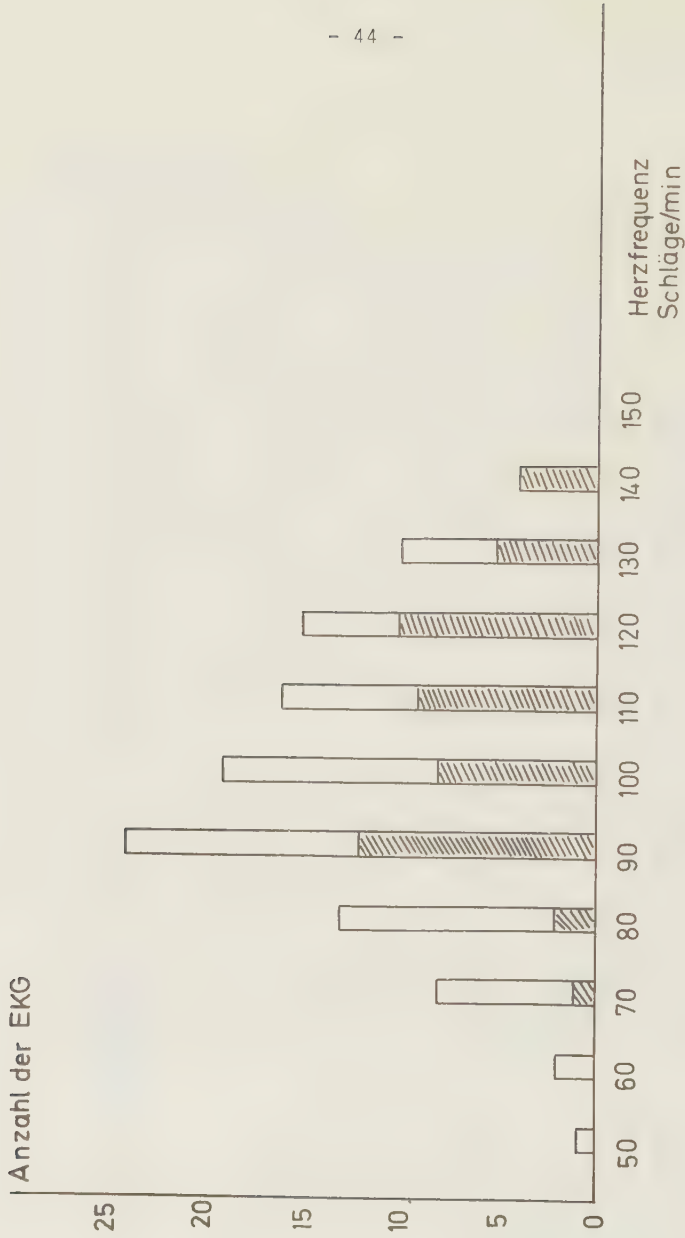


Abbildung 8: zeigt die Herzfrequenzverteilung bei 112 Elektrokardiogrammen von 35 Kindern mit rheumatischer Kardiitis, verglichen zur Herzfrequenz bei 51 Elektrokardiogrammen aus diesem Kollektiv mit PQ-Senkungen (schraffiert).

Alter in Jahren	insgesamt 112 EKG von Karditisfällen		51 EKG mit PQ-Senkungen		80 EKG mit ST-Senkungen	
	absolute Zahl der EKG	mittlere Herz- frequenz von 112 /min.	Zahl der EKG mit PQ- Senkg.	mittlere Herz- frequenz von 51 /min.	Zahl der EKG mit ST- Senkg.	von 80
3	2	1,8	0	0	2	2,5
4	5	4,5	2	3,9	4	5,0
5	12	10,7	8	15,7	9	11,2
6	12	10,7	4	7,8	10	12,5
7	11	9,9	5	9,8	6	7,5
8	16	14,2	3	5,9	10	12,5
9	7	6,3	7	13,8	7	8,8
10	11	9,9	3	5,9	7	8,8
11	12	10,7	4	7,8	6	7,5
12	16	14,2	11	21,6	12	15,0
13	8	7,1	4	7,8	7	8,7
		ca. 100 %		ca. 100 %		ca. 100 %

Tabelle 11: Die Tabelle zeigt die Verteilung von PQ- und ST-Senkungen in 112 Elektrokardiogrammen bei Carditis rheumatica in Abhängigkeit vom Alter der Kinder, gleichzeitig ist die mittlere Herzfrequenz in den einzelnen Altersgruppen verzeichnet.

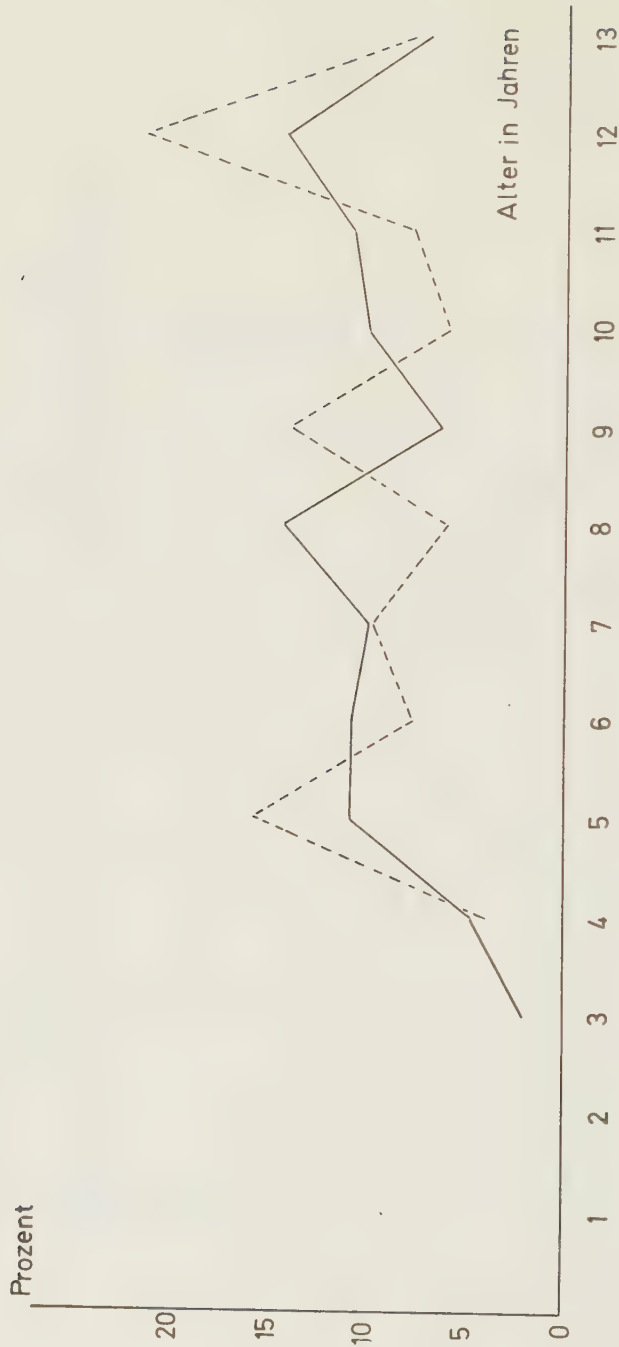


Abbildung 9: Altersverteilung der 112 Elektrocardiogramme von 35 Kindern mit rheumatischer Kardiitis und der 51 Elektrocardiogramme mit PQ-Senkungen aus diesem Kollektiv. Angabe in Prozenten der Gesamtzahl (112 bzw. 51) (PQ-Senkungen gestrichelt)

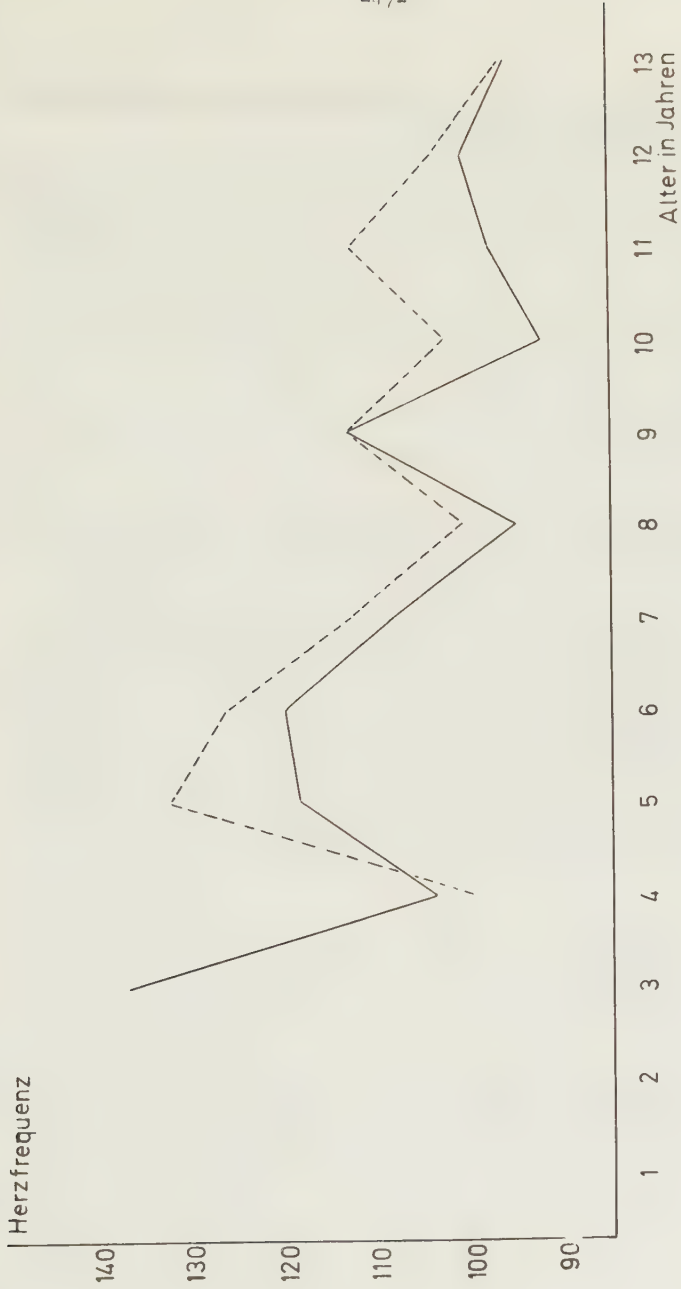


Abbildung 10: Vergleich der mittleren Herzfrequenz jeder Altersgruppe von 112 Elektro-kardiogrammen bei 35 Kindern mit rheumatischer Karditis und von 51 Elektro-kardiogrammen dieser Kinder mit PQ-Senkungen. (PQ-Senkungen gestrichelt)

IV. Schlußfolgerungen zur elektrokardiographischen Diagnostik der rheumatischen Karditis

Die PQ-Senkungen verhalten sich in bezug auf Herzfrequenz und Alter bei Karditisfällen ähnlich wie bei einem unausgelesenen Kollektiv.

Demgegenüber ist die Häufigkeit der PQ-Senkungen innerhalb der einzelnen Frequenzgruppen bei Kindern mit Karditis ungleich größer.

Ein statistischer Vergleich war nicht möglich, da:

1. mehrere Elektrokardiogramme eines Patienten berücksichtigt wurden,
2. die Anzahl der Elektrokardiogramme in den Frequenzgruppen für statistische Zwecke unzureichend ist.

Dieses Ergebnis gilt für ein Kollektiv von Karditisfällen; für den Einzelfall ist daraus keine obligate Aussage möglich.

Das Vorhandensein oder Fehlen einer PQ-Senkung ist infolgedessen - ganz abgesehen von der technischen Schwierigkeit ihrer Erfassung bei hohen Herzfrequenzen - für die elektrokardiographische Diagnostik der rheumatischen Karditis des einzelnen Falles nicht brauchbar, wenn nicht weitere Symptome und Befunde ebenfalls für eine Karditis sprechen.

V. Zusammenfassung

An einem unausgelesenen Elektrokardiogramm-Material von 885 Kindern vom 1. Lebenstag bis zum 16. Lebensjahr wurde in den drei Extremitäten-Ableitungen nach EINTHOVEN die Häufigkeit von Senkungen der PQ-Strecke beurteilt. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, mit welchen weiteren Parametern PQ-Senkungen korreliert sind.

Alle Meßdaten (ca. 18.500) wurden auf Maschinenlochkarten übertragen, um mit größtmöglicher Sicherheit sortieren, gruppieren und rechnen zu können. Folgende Zusammenhänge wurden erkannt und mit zwei- bzw. dreidimensionalen Rechenverfahren statistisch gesichert:

- 1) Die Häufigkeit von PQ-Senkungen nimmt mit der Herzfrequenz zu, die Senkung der PQ-Strecke ist also von der Herzfrequenz abhängig. So wurden z. B. bei Herzfrequenzen bis zu 70/min. keine PQ-Senkungen, jedoch bei 75 $\frac{1}{s}$ der Elektrokardiogramme PQ-Senkungen bei Herzfrequenzen von 170/min. gesehen.
- 2) Die Häufigkeit der PQ-Senkungen nimmt mit dem Alter der Kinder ab, was Ausdruck der entsprechend niedrigeren Herzfrequenzen jenseits des Säuglings- und Kleinkindesalters ist.
- 3) Die Häufigkeit von PQ-Senkungen im Säuglingsalter ist deshalb lediglich die Folge der in diesem Lebensalter höheren Herzfrequenz.
- 4) PQ-Senkungen zeigen im vorliegenden Untersuchungsmaterial von Säuglingen und Kindern - entgegen Behauptungen von SCHLEGEL für Erwachsene - keine Korrelation mit der P-Dauer oder mit der PQ-Dauer.

Es wurde Hinweisen aus der neueren Literatur nachgegangen, die über PQ-Senkungen bei Kindern mit rheumatischer Karditis als diagnostischem Kriterium berichten. Deshalb wurde ein zweites Kollektiv in gleicher Weise unter Verwendung von Maschinenlochkarten ausgewertet, welches 112 Elektrokardiogramme von

35 Kindern in frühen Stadien der rheumatischen Karditis im Alter von 3 bis 13 Jahre umfaßt.

Beim Vergleich der beiden Kollektive ergab sich:

- 1) PQ-Senkungen sind in einem Kollektiv von Kindern mit rheumatischer Karditis wesentlich häufiger als bei einem unausgelesenen Kollektiv.
- 2) Diese Feststellung gilt auch nach Berücksichtigung der nachgewiesenen Häufung von PQ-Senkungen bei hohen Herzfrequenzen.

Diesen statistisch gesicherten Aussagen gemeinsam ist allerdings ihre alleinige Gültigkeit nur für ein Kollektiv von Fällen, aber das Versagen der diagnostischen Aussage für den einzelnen Fall. Der elektrokardiographische Befund kann im Falle einer fraglichen Karditis im Rahmen des rheumatischen Fiebers entscheidend sein für die Frühdiagnose und damit für die Prognose des Krankheitsbildes. Aus diesem Grunde sollten auch Erregungsrückbildungsstörungen am Vorhof-Elektrokardiogramm - PQ-Senkungen - bei der elektrokardiographischen Diagnostik der rheumatischen Karditis berücksichtigt werden. In diesem Sinne ist die Senkung der PQ-Strecke des Elektrokardiogramms als ein elektrokardiographisches "Feinzeichen" (RAUTENBURG) zur Frühdiagnose der rheumatischen Karditis aufzufassen, wenn außerdem noch andere Symptome und Befunde wie z. B. PQ-Verlängerung, P-Verbreiterung, tic-toc-Rhythmus, klinische Befunde (BURGEMEISTER, BURGEMEISTER u. Mitarb., RAUTENBURG, RAUTENBURG u. Mitarb., STOERMER) für eine Karditis sprechen.

Unabhängig davon gilt, daß PQ-Senkungen kein spezifisches Zeichen einer rheumatischen Karditis sind, sondern - wie durch diese Untersuchung gezeigt wurde - weitgehend durch eine Tachykardie bedingt sein können, was den diagnostischen Aussagewert erheblich einschränkt.

VI. Literaturverzeichnis

- 1) Abramson, D. J.,
Fenichel, N. M. und
Shockhoff, C. : A study of electrical activity
in the auricles.
Amer. Heart J. 15, 471 (1938).
- 2) Burgemeister, G. : EKG und rheumatische Herz-
erkrankung.
Mschr. Kinderheilk. 100, 267 (1952).
- 3) Burgemeister, G. : Diagnostik und Therapie der
Karditis im Kindesalter.
Z. ärztl. Fortbild.
60, 59-73 (1966).
- 4) Burgemeister, G.,
Rautenburg, H. W. und
Kolrep, W. : Kriterien zur Früherfassung
der Carditis rheumatica im
Kindesalter.
Mschr. Kinderheilk. 109, 119
(1961).
- 5) Cushing, E. H.,
Feil, H. S.,
Stanton, E. J. und
Wartmann, W. B. : Infarction of cardiac auricles.
Brit. Heart J. 4, 17-34 (1942).
- 6) Czoniczer, G. und
Szabó, R. : Über die Rolle der "Spontan-
Schwankungen" der Überleitungs-
zeit (PQ-Zeit) in der Diagnose
der rheumatischen Karditis.
Z. Kreisl.-Forsch. 46, 764-773
(1957).
- 7) Einthoven, W. : Weiteres über das Elektrokardio-
gramm.
Pflügers Arch. ges. Physiol.
122, 517-584 (1908).
- 8) Friese, G. : Über die Bedeutung der Ta-Welle
für die elektrokardiographische
Diagnostik.
Z. Kreisl.-Forsch. 43, 159 (1954).
- 9) Goldhammer, St. und
Scherf, D. : Elektrokardiographische Unter-
suchungen bei Kranken mit
Angina pectoris.
Z. klin. Med. 122, 134 (1932).
- 10) Gross, D. : The auricular T wave and its cor-
relation to the cardiac rate and
to the P wave.
Amer. Heart J. 50, 34-37 (1955).

- 11) Hahn, L. und Langendorf, R. : Morphologie des Vorhof-Elektrokardiogramms.
Acta med. scand. 100, 279-295 (1939).
- 12) Hellerstein, H. K. : Atrial infarction with diagnostic electrocardiographic findings.
Amer. Heart J. 36, 422-430 (1948).
- 13) Holzmann, M. : Klinische Elektrokardiographie.
5. Auflage Thieme, Stuttgart 1965.
- 14) Kraus, F. und Nicolai, G. F. : Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen.
Veit u. Co, Leipzig 1910.
- 15) Lambert, J. : Altérations d'origine coronarienne du complexe électrocardiographique auriculaire.
Arch. Mal. Coeur 30, 3-48 (1937).
- 16) Lambert, J. : Le dépistage précoce de la déficience myocardique. (1937)
zit. nach Hahn, L. u. Langendorf, R.
Acta med. scand. 100, 295 (1939).
- 17) Langendorf, R. : Elektrokardiogramm bei Vorhofinfarkt.
Acta med. scand. 100, 136-149 (1939).
- 18) Langendorf, R. und Pick, A. : EKG-Befunde bei Lungenembolie.
Acta med. scand. 90, 289 (1936).
- 19) Lepeschkin, E. : Das Elektrokardiogramm.
2. Auflage, Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1947.
- 20) Lienert, G. A. : Verteilungsfreie Methode in der Biostatistik.
A. Hain, Meisenheim 1962.
- 21) Linder, A. : Planen und Auswerten von Versuchen.
Birkhäuser, Basel u. Stuttgart 1959.
- 22) Miller, R. und Pereiman, J. S. : Multiple disturbances of rhythm and conduction and unusual auricular T wave in a case of myocarditis.
Amer. Heart J. 31, 501 (1946).

- 23) Ohr, A. : Die Elektrokardiographie in der Kinderheilkunde. in Pfaundler, M., Handbuch der Kinderheilkunde, Ergänzungsband, 4. Auflage, Springer, Berlin 1942.
- 24) Rautenburg, H. W. : Zur Diagnostik der rheumatischen Karditis. in F. Graser, Die erworbenen Herzkrankheiten im Kindesalter. F. K. Schattauer, Stuttgart 1964.
- 25) Rautenburg, H. W., de Sousa, F. und Menner, K. : Über den sogenannten tic-toc-Rhythmus des Herzens im Kindesalter. Z. Kinderheilk. 101, 125-135 (1967).
- 26) Schaub, F., Holzmann, M. und Brunner, K. : Beitrag zur Diagnose des Vorhoffinfarktes. Z. Kreisl.-Forsch. 51, 32 (1962).
- 27) Scherf, D. und Goldhammer, St. : Zur Frühdiagnose des Angina pectoris mit Hilfe des Elektrokardiogramms. Z. klin. Med. 124, 111 (1933).
- 28) Schlegel, R. : Über die Beziehungen zwischen der Breite von P und der Senkung der PQ-Strecke im Extremitäten-Elektrokardiogramm. Z. Kreisl.-Forsch. 43, 772-776 (1954).
- 29) Sjöstrand, T. : The relationship between the heart frequency and the ST level of the ecg. Acta med. scand. 138, 201 (1950).
- 30) de Sousa, F. : Elektrokardiographische Untersuchungen über das Arrhythmie-maß und seine diagnostische Verwendbarkeit bei der rheumatischen Karditis im Kindesalter. Inaugural-Dissertation, Giessen 1967.
- 31) Stoermer, J. : Zur Elektrokardiographie erworbener Herzerkrankungen im Kindesalter. in F. Graser, Die erworbenen Herzkrankheiten im Kindesalter. F. K. Schattauer, Stuttgart 1964.

- 32) Stoermer, J. : Elektrokardiographische Befunde
beim rheumatischen Fieber.
pädiat. prax. 6, 27-31 (1967).
- 33) Winternitz, M. : Zur Pathologie des menschlichen
Vorhof-Elektrokardiogramms.
Med. Klin. 31, 1575 (1935).
- 34) Zuckermann, R. : Ekg-Tafeln zur Erstkarditis.
Z. Kreisl.-Forsch. 51, 380-384
(1962).

Lebenslauf.

Am 16. Dezember 1941 wurde ich in Breslau als Sohn des Arztes Dr. Albert Ohr geboren. Von 1947 bis 1952 besuchte ich die Volksschule in Pirmasens/Pfalz und trat dann in das dortige Humanistische Gymnasium ein, wo ich im Februar 1961 die Reifeprüfung ablegte.

Nach Ableistung meines einjährigen Grundwehrdienstes begann ich im Sommersemester 1962 das Studium der Medizin an der Universität des Saarlandes. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich im Oktober 1964 in Homburg. Es folgten klinische Semester in Innsbruck und Wien. Zum weiteren Studium ging ich an die Universität Giessen, wo ich im Januar 1968 das medizinische Staatsexamen bestand.

Im Sommersemester 1966 begann ich mit der Anfertigung der vorstehenden Dissertation an der Kinderklinik der Justus Liebig-Universität, an der ich auch die ersten Monate meiner Medizinal-Assistentenzeit tätig war.

